

ИНСТИТУТ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ АН СССР

В.В.Калашников, А.С.Федоров, Д.Ф.Шапошников,
Д.Г.Штильман

ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ ЭЦВМ БЭСМ-6

Москва - 1969 г.

ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ ЭЦВМ БЭСМ-6

Описывается магнитное оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса. Емкость—4К 52-разрядных чисел; цикл работы—2мксек; система выборки — 3Д с 4 проводами через сердечник. Рассматриваются конструкция накопителя, работа отдельных узлов и схем специальной электроники, вопросы наладки и профилактики.

BESM-6 COMPUTER MAIN MEMORY

The magnetic main memory on ferrite cores with hysteresis rectangular loop is described. Its capacity is 4K 52-bit words; cycle time - 2 msec; organisation - 3D with four wires through a core. A storage construction, separate unit work and special electronics circuits, adjustment and maintenance questions are considered.

Ответственный за подготовку рукописи к изданию

Емелина Н.Г.

Корректор Царицына И.И. Набор: Ойризковой В.Д.

Борисовой В.П.

Работа поступила 12/VII - 1969 г.

Зак. 593

Цена 25 коп.

Т-10383

Москва, В-333, Ленинский проспект, 51, ИТМ и ВТ

ВВЕДЕНИЕ

Развитие вычислительной техники связано с растущей потребностью в оперативных запоминающих устройствах. Особое внимание при этом уделяется вопросам надежности, компактности, дешевизны при сравнительно высоком быстродействии и емкости оперативно-го запоминающего устройства (ОЗУ). Таким требованиям, особенно при использовании дискретной электроники, удовлетворяют ОЗУ матричного типа (ЗД) на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса.

В работе описывается МОЗУ, использующееся в машине БЭСМ-6. При его разработке большое внимание уделялось вопросам дешифрации адресных или координатных токов, стабилизации величины токов, уменьшению отношения магнитного цикла к циклу работы ЗУ. Особое внимание было уделено уменьшению влияния сильноточных цепей (цепей формирователей токов запрета) на цепи приема, хранения и выдачи информации, а также вопросам развязки цепей питания, что повы-

сило надежность работы устройства. Все это позволило получить достаточный запас надежности работы ЗУ в интервале температур $+5^{\circ} + +40^{\circ}\text{C}$, не прибегая к термостатированию накопителя.

Опыт эксплуатации МОЗУ в машине БЭСМ-6 показал, что основные технические решения были приняты правильно.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ОПЕРАТИВНОГО ЗАПОМИНАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА (МОЗУ)

Для быстродействующей вычислительной машины БЭСМ-6 было разработано магнитное оперативное запоминающее устройство матричного типа (ЗД) на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса. Оно состоит из 8 одинаковых запоминающих устройств (блоков) по 4К 52-разрядных двоичных слов каждый, то есть имеет общую емкость 32К слов. Все блоки полностью автономны в своей работе, что позволяет совмещать во времени обращения к МОЗУ. Для наиболее полного использования возможности совмещения, адресация блоков МОЗУ задается тремя самыми младшими разрядами адреса. При существующей в БЭСМ-6 схеме связи вычислителя с МОЗУ, дальнейшее увеличение общей емкости оперативной памяти возможно или путем увеличения емкости блока при том же самом времени цикла, или путем удвоения количе-

ства блоков. В последнем случае обращение к одному из двух блоков осуществляется по принципу подмены.

Минимальный полный цикл обращения к устройству, то есть время между началом выборки двух чисел из блока, составляет 2 мксек. Время обращения за числом — время от начала обращения к ЗУ до момента появления в машине кода числа, составляет около 0,9 мксек. Магнитный цикл устройства — время от начала считывания до момента окончания записи или регенерации числа, составляет около 1,8 мксек.

МОЗУ выполняет операции "считывание числа с регенерацией", "запись числа" и может выполнять операцию "наложение кодов".

При операции "считывание" запоминающее устройство выдает на кодовые шины числа код числа, хранящегося по указанному адресу. После выполнения операции код числа по-прежнему сохраняется в устройстве.

При выполнении операции "запись" устройство по указанному адресу запоминает код числа, поступающего по кодовым шинам числа. Код числа, который хранился перед выполнением операции по данному адресу, в процессе выполнения операции теряется.

При выполнении операции "наложение кодов" на код числа, хранящегося по указанному адресу, происходит наложение кода, поступающего из машины. Результат наложения запоминается по тому же адресу.

Следует отметить, что возможности выполнения логических операций у оперативного запоминающего уст-

ройства довольно широки. Незначительное усложнение схемы автономного управления и регистра числа МОЗУ позволит осуществить операции "логического умножения", "обращения кодов", замены части кода числа на другую с запоминанием нового числа по тому же адресу.

МОЗУ БЭСМ-6 работает с принудительной вентиляцией и в нем не предусмотрено ни термостатирование накопителя, ни терморегулирование токов считывания и записи. Температура воздуха, поступающего в устройство, $15 \pm 3^{\circ}\text{C}$. При этой температуре ЗУ допускает отклонение питающих напряжений на 10% от номинала в любую сторону и в любых сочетаниях. При номинальных значениях питающих напряжений устройство сохраняет работоспособность при изменении температуры окружающей среды от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$.

Из 11 типов электронных ячеек, применяемых в МОЗУ, 6 были разработаны специально для МОЗУ. В остальных используются стандартные элементы машины БЭСМ-6: усилители (У), кабельные усилители (УК), размножающие усилители (УР), диодные вентили совпадения, эмиттерные повторители (ПЭм), усилители импульсного питания (УИП).

Максимальная мощность, потребляемая одним блоком МОЗУ в режиме постоянной записи кода всех нулей, составляет 450 вт.

П. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МОЗУ

1. Блок-схема запоминающего устройства

Блок-схема МОЗУ (рис.1) состоит из следующих частей:

- а) магнитного накопителя на ферритовых сердечниках;
- б) регистра адреса, состоящего из двух одинаковых частей $РА_x$ и $РА_y$;
- в) первой ступени дешифрации кода адреса, состоящей из четырех одинаковых частей $ДшA_x1$, $ДшA_x2$, $ДшA_y1$ и $ДшA_y2$;
- г) системы формирователей координатных полутоков и второй ступени дешифрации кода адреса, состоящей из двух одинаковых частей $ДшK_x$ и $ДшK_y$;
- д) цепей регенерации и записи, включающих в себя усилители считывания, регистр числа и формирователи тока запрета;
- е) цепей автономного управления ЗУ.

Связь устройства с центральным процессором осуществляется системой управляющих кодовых шин, кодовых шин адреса и кодовых шин приема и выдачи числа. По этим шинам в МОЗУ поступают:

- а) импульс пуска памяти, определяющий начало работы цепей автономного управления ЗУ - ПП;

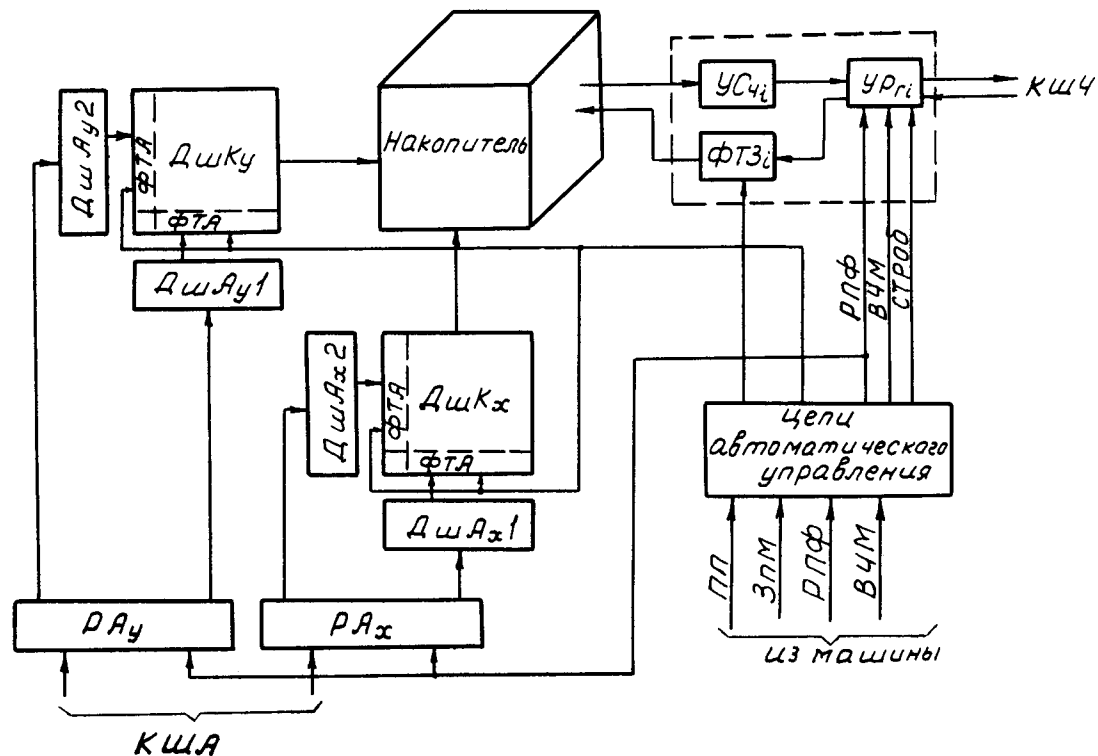


Рис. 1

- б) импульс признака операции, поступающий в ЗУ только при выполнении операции "запись" - ЗпМ;
- в) сигнал, осуществляющий хранение информации на адресном и числовом регистрах на протяжении магнитного цикла работы ЗУ - РПФ;
- г) импульс, разрешающий выдачу кода числа из ЗУ при выполнении операции "считывание" - ВЧМ;
- д) импульсы кода адреса и кода числа.

Минимальный период следования всех импульсов составляет 2 мксек.

Следует отметить, что управлять хранением информации на адресном и числовом регистрах МОЗУ от центрального процессора менее удобно, чем от устройства автономного управления МОЗУ, так как при увеличении скорости работы центрального процессора длительность сигнала хранения (РПФ) может стать меньше длительности магнитного цикла, что ухудшит надежность работы МОЗУ.

2. Накопитель

Накопитель МОЗУ БЭСМ-6 имеет информационную емкость 4К 52-разрядных двоичных слов и собирается из квадратных (64х64) матриц (рис.2) - одна матрица на разряд. В матрицу устанавливаются ферритовые сердечники марки 2ВТ размером 1,0х0,7х0,35 мм, со временем переключения - 0,65 мксек. Через каждый сердечник матрицы проходят 4 провода: два координат-

ных, или адресных, один провод запрета и один считывания. Расстояние между двумя соседними координатными проводами (шаг прошивки) составляет 1,5 мм.

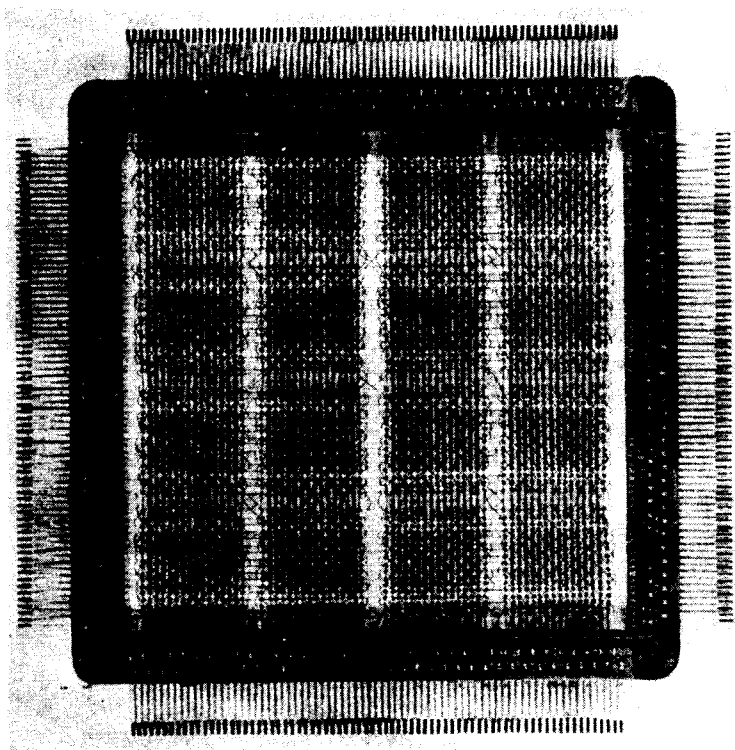


Рис. 2

Материал 2ВТ позволил реализовать максимальную скорость работы устройства на существовавших в период разработки транзисторах, не прибегая к специальным мерам по термостатированию накопителя, а технологические возможности изготовления рамки оп-

ределили информационную емкость, геометрические размеры и шаг прошивки матрицы. Матрица не имеет ни резервных чисел, ни запасных сердечников. В этом нет необходимости, так как матрица проверяется дважды перед установкой в накопитель. Кроме того, следует помнить, что накопитель сам проходит автономную проверку и что из 52 установленных в нем матриц работают только 50, а две – запасные.

Обмотка запрета по конструктивным соображениям, а также для упрощения прошивки матрицы разбита на три части, которые соединяются последовательно при сборке накопителя.

Провод обмотки считывания (рис.3) идет под углом 45° к координатным обмоткам, что позволяет получить минимальную электрическую связь между токовыми обмотками и обмоткой считывания. С другой стороны, обмотка считывания разделена на 4 части по 1024 сердечника в каждой (рис.4), для того чтобы уменьшить величину помехи от полувозбужденных сердечников при считывании и записи информации. Цифры 1,2,3, и 4 показывают, какие участки матрицы охвачены одной секцией обмотки считывания. Если обмотка считывания будет состоять из двух частей, то помеха от тока запрета не позволит получить цикл в 2 мксек.

При работе устройства по координатным обмоткам и обмотке запрета подаются импульсы тока, временная последовательность и параметры которых приве-

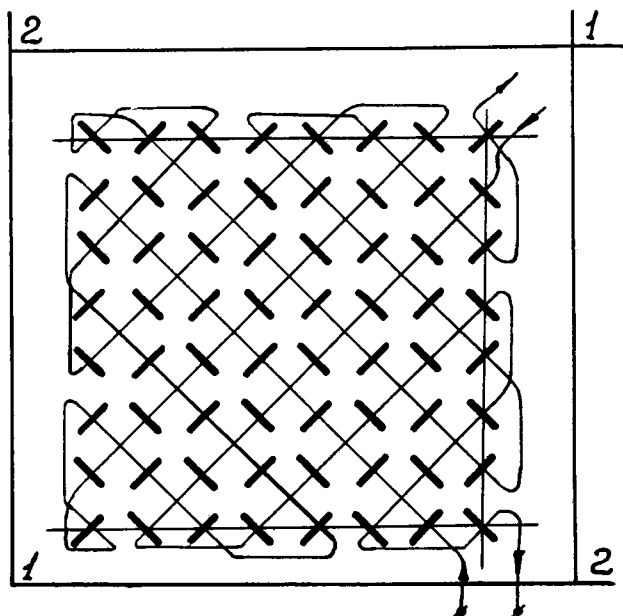
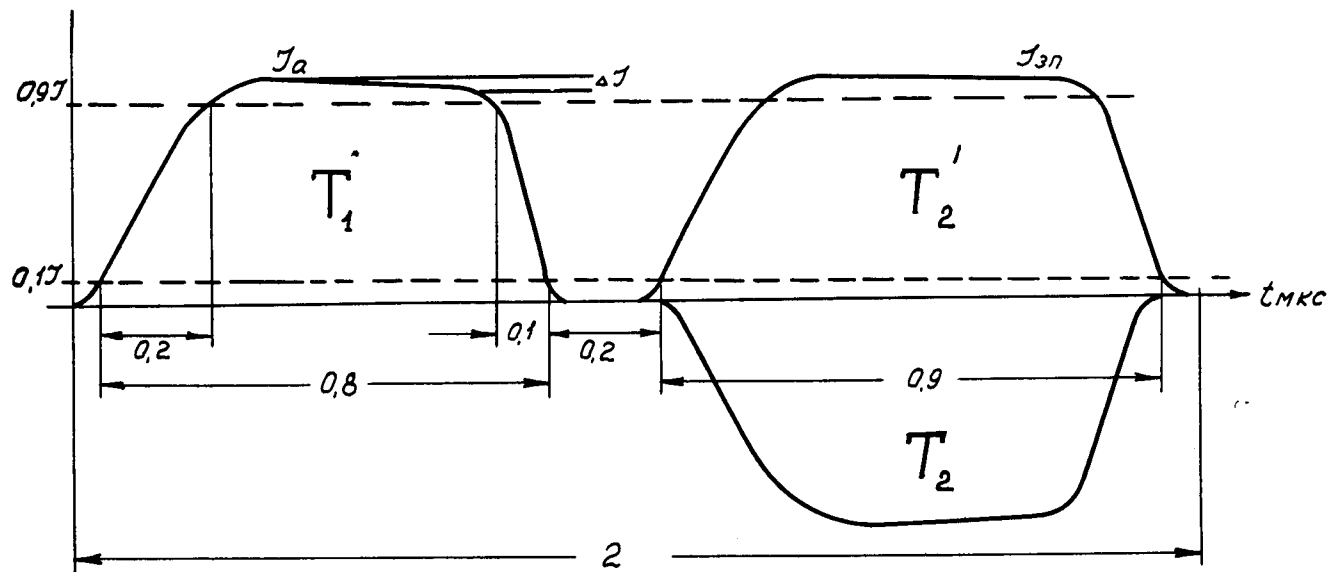


Рис. 3

4	3	2	1
3	4	1	2
2	1	4	3
1	2	3	4

Рис. 4



Амплитуда тока 320 мА при $t^\circ = +20^\circ \text{C}$; $\Delta = \frac{\Delta J}{J} \leq 2\%$

Рис. 5

дены на рис.5. В первой половине цикла с помощью координатных полутоков I_{ax} и I_{ay} происходит считывание информации с сердечника, находящегося на пересечении координатных обмоток. Запись информации в сердечник производится во второй половине цикла под действием координатных полутоков той же величины, но противоположной полярности, и тока запрета $I_{зп}$, который подается в обмотку запрета при записи кода "0" и отсутствует при записи кода "1". При правильном выборе рабочей точки накопитель в нормальных условиях сохраняет работоспособность при отклонении величины токов на $\pm 10\%$ от их номинальных значений.

Все обмотки накопителя БЭСМ-6, как электрические цепи с распределенными параметрами (индуктивностью, емкостью, сопротивлением), являются симметричными длинными линиями и характеризуются волновым сопротивлением z_0 и задержкой τ . Входные концы обмоток являются началом линии, а их середина — ее короткозамкнутым концом. Для координатных обмоток и обмотки запрета $z_0 \approx 300 - 350$ ом, $\tau \approx 20 - 30$ нсек. Чтобы работать на согласованную нагрузку с таким волновым сопротивлением при токах порядка 320 ма, необходимо развивать на формирователе тока напряжение около 100 в. Получать такие напряжения на транзисторах затруднительно. Поскольку транзисторы в формирователе тока работают при меньшем напряжении (~ 40 в), целесообразно при расчете формирователя обмотки накопителя рассматри-

вать как нагрузку с сосредоточенными параметрами (табл.1). Фронты токов определяются индуктивностью и емкостью обмоток, а также параметрами оконечных каскадов формирователей тока.

Таблица 1

Обмотка	R , ом	L , мкГн	C , пкф
Координатная	$10,2 \pm 0,3$	10 ± 2	$450 \pm 10\%$
Запрета	$10,5 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,4$	$380 \pm 10\%$
Считывания	$4,3 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,3$	$70 \pm 10\%$

Индуктивность координатной обмотки, изображенной на рис.6, и индуктивность обмотки запрета может быть вычислена по формуле:

$$L = \frac{\mu_0 l}{2\pi} N \ln \frac{(\kappa + 1)b}{2r} \left[1 - \frac{0,15}{\ln \frac{(\kappa + 1)b}{2r}} \right] + L_c ,$$

где l — длина звена обмотки;

N — количество звеньев;

r — радиус провода без изоляции;

L_c — индуктивность, вносимая сердечниками;

$\kappa = \frac{b}{a}$ (a и b — расстояния между соседними

проводами).

Как показывает эксперимент, сердечники, находящиеся в работающей матрице, имеют величину магнитной

проницаемости в зоне остаточной индукции примерно в три раза выше той, что приводится в статических характеристиках. Поэтому и величина индуктивности, вносимой сердечниками, оказывается в три раза боль-



Рис. 6

ше расчетной и составляет приблизительно 20–30% от L .

Накопитель МОЗУ БЭСМ-6 съемный. Он помещается в защитный металлический кожух, на лицевой панели которого размещены вилки 35-контактных разъемов для соединения накопителя с формирователями тока и усилителями считывания.

3. Регистр адреса и первая ступень дешифрации кода адреса

Регистр адреса (РА) предназначен для приема и хранения кодов, поступающих в МОЗУ с кодовых шин адреса КША и определяющих, по какому адресу долж-

но происходить считывание или запись числа. В соответствии с емкостью накопителя, РА имеет 12 разрядов, что позволяет производить обращение по любому из 4096 адресов. Блок-схема одного разряда РА приведена на рис.7.

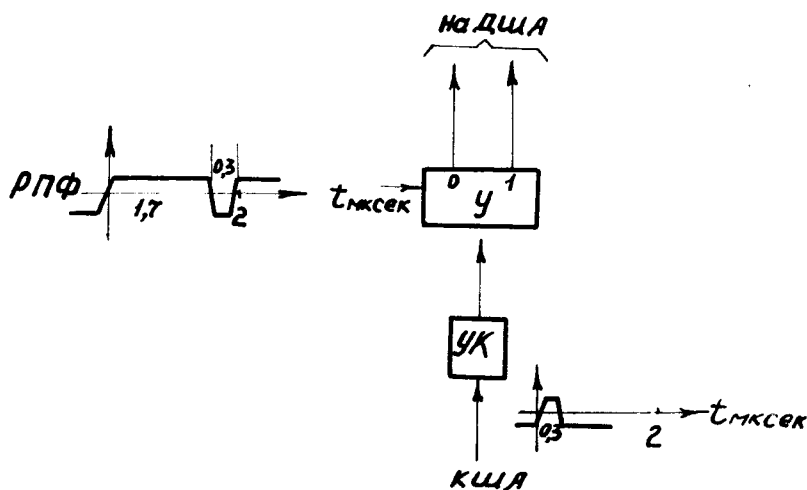


Рис.7

Код адреса - "0" или "1" - с выхода кабелей КША проходит через кабельные усилители УК и поступает на элемент У, где хранится 1,7 мксек в течение всего времени существования сигнала РПФ, который вырабатывается центральным устройством управления ЭВМ и подается на вентили обратной связи элементов У в начале каждого цикла обращения к ЗУ. По окончании сигнала РПФ регистр адреса устанавливается в исходное состояние "0".

С парафазных выходов РА двоичный код адреса поступает на первую ступень дешифрации ДшА, состоящую из четырех одинаковых частей, каждая из которых представляет собой обычный диодный дешифратор, имеющий три парафазных потенциальных входа и восемь выходов. Для увеличения мощности дешифратора, к каждому выходу подключается формирователь, выполненный по схеме УК. Выходы ДшА управляют формирователями координатных полутоков, входящими во вторую ступень дешифрации.

4. Вторая ступень дешифрации кода адреса

С помощью второй ступени дешифрации кода адреса ДшК осуществляется выборка координат X и Y накопителя и формирование в них двухполярных импульсов тока, необходимых для считывания и записи информации, которая хранится в сердечниках, лежащих на пересечении выбранных координат.

Каждая половина второй ступени дешифрации представляет собой диодно-трансформаторную матрицу на 64 выхода, к которым подключаются координатные обмотки накопителя. На входах матрицы стоят формирователи координатных (адресных) полутоков ФТА. На входы ФТА с дешифратора адреса поступает код адреса и одновременно с ним временные импульсы T_1 и T_2 , которые вырабатываются цепями автономного управления блока МОЗУ. В момент T_1 происходит счи-

тивание, а в момент T_2 - запись информации.

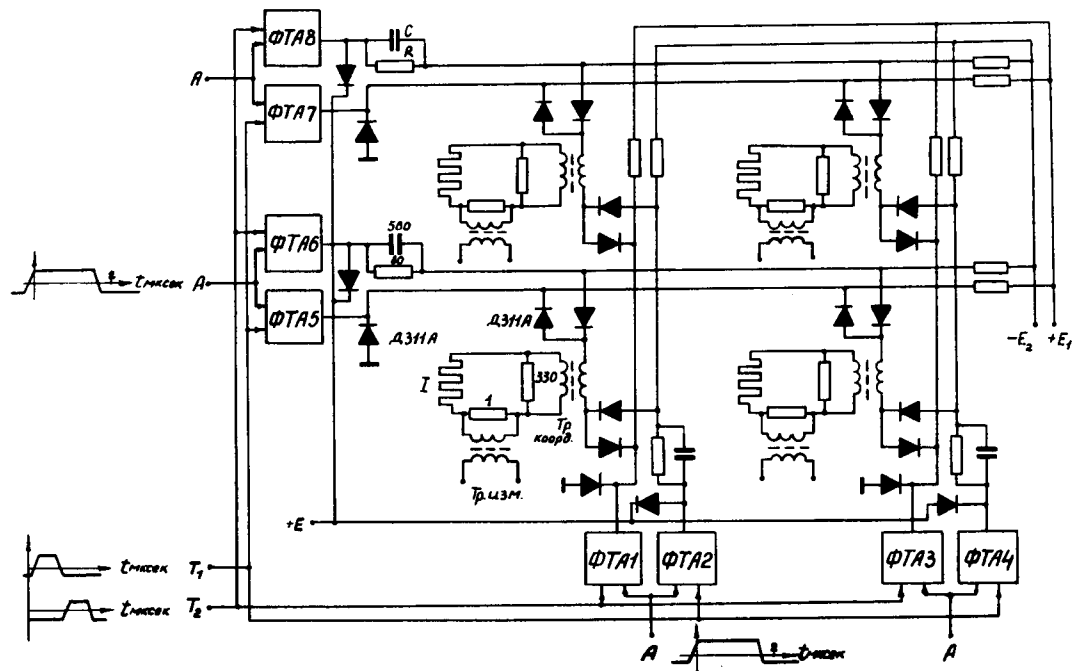
Пусть, например, при обращении к МОЗУ выбирается координата 1 накопителя (рис.8). В этом случае код адреса с ДША поступает на входы четырех формирователей тока ФТА1, ФТА2, ФТА5 и ФТА6. Во время импульса T_1 срабатывают ФТА2 и ФТА5, а во время импульса T_2 - ФТА1 и ФТА6. Легко видеть, что в выбранной координате протекают импульсы тока противоположной полярности^{*}).

Четыре диода и координатный трансформатор, установленные в дешифрирующую матрицу, дают возможность уменьшить емкостную нагрузку на ФТА и исключить появление паразитных токовых помех в невыбранных координатах, подключенных к работающему ФТА. Кроме того, рассмотренная схема ДшК позволяет использовать для формирования тока в координатной обмотке накопителя напряжение, близкое к обратному пробивному напряжению триода окончного каскада ФТА.

5. Цепи регенерации и записи

Цепи регенерации и записи предназначены: во-первых, для усиления, хранения и регенерации сигналов кода числа, поступающих из накопителя, и выдачи кода

^{*}) Более подробно вопросы формирования координатных полутоков рассматриваются в р.Ш, где дается описание принципов работы основных электронных ячеек МОЗУ.



числа по кодовым шинам считывания (КШС) в центральный процессор ЭВМ; во-вторых, для приема, хранения и записи в накопитель по любому адресу кода числа, поступающего от центрального процессора ЭВМ по кодовым шинам записи (КШЗ). Это разделение функций соответствует двум возможным режимам работы цепей регенерации и записи: "считыванию числа из накопителя" и "записи числа в накопитель".

Цепи регенерации и записи идентичны для всех 52 разрядов устройства. Каждая цепь (рис.9) включает в себя усилитель считывания (УСч), вентиль стробирования считанного сигнала (ВСт), регистр числа (РЧ) на элементе У, кабельный усилитель УК для приема кода числа, вентиль выдачи кода числа ВВ и формирователь тока запрета ФТЗ. Элементы УК, У, ВСт и ВВ конструктивно объединены в один элемент УРг.

При выполнении операции "считывание числа из накопителя" код числа с выходных обмоток накопителя поступает на входы усилителей считывания. С выходов УСч сформированные сигналы поступают на вентили совпадения ВСт, на второй вход которых подается импульс "строб", вырабатываемый цепями автономного управления блока МОЗУ. С выходов ВСт код числа попадает на регистр числа, где хранится до конца магнитного цикла работы блока МОЗУ, то есть все время пока действует сигнал РПФ, после чего РЧ переходит в состояние "0" до следующего обращения к

ЗУ. С выхода "1" регистра числа код числа поступает на вентили выдачи (ВВ), откуда во время импульса ВЧМ по кодовым шинам считывания (КШС) передается в центральный вычислитель. В то же время, обрат-

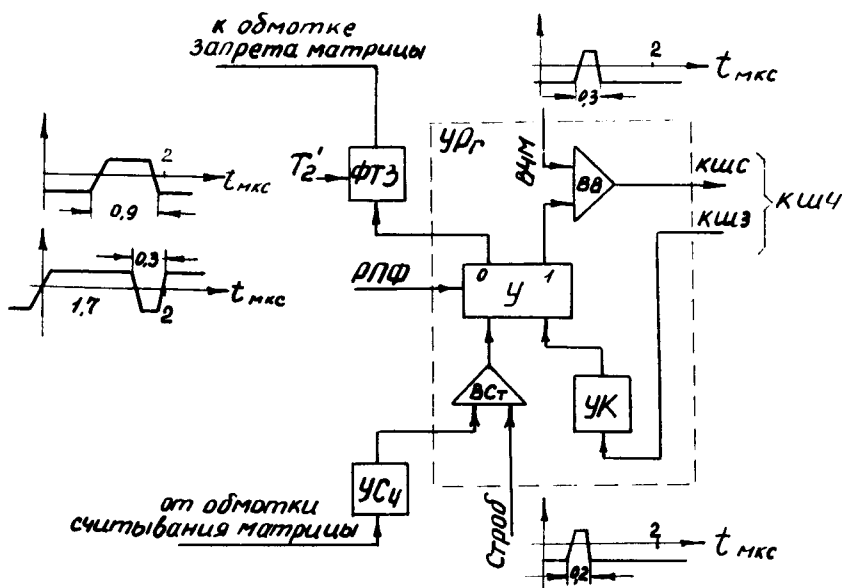


Рис. 9

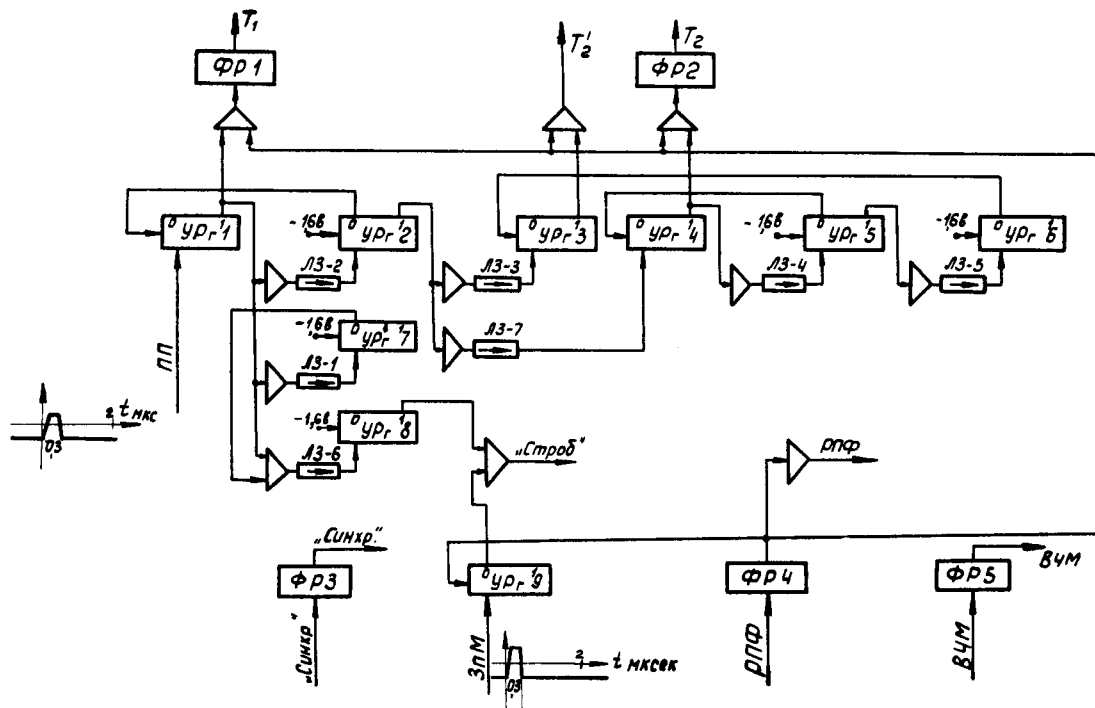
ный код числа с выхода "0" РЧ поступает на вход ФТЗ. Если на регистре числа хранится код "0", то в момент T_2' формирователь сработает, в обмотке запрета потечет ток запрета и произойдет регенерация кода "0". Если же на РЧ хранится код "1", формирователь тока запрета не сработает и осуществится регенерация "1".

Выполнение операции "запись числа в накопитель" отличается от выполнения предыдущей операции лишь тем, что код числа поступает на РЧ по кодовым шинам записи (КШЗ) через элемент УК, а временные импульсы "строб" и ВЧМ отсутствуют.

6. Цепи автономного управления блока МОЗУ

Цепи управления блока МОЗУ осуществляют прием управляющих сигналов из центрального процессора ЭВМ и вырабатывают временную диаграмму импульсов, обеспечивающих работу блока МОЗУ при выполнении операций считывания и записи. Для получения импульсов нужной длительности и необходимых временных соотношений между ними используются линии задержки, изготовленные из кабеля, который обладает хорошими частотными свойствами и малым затуханием и у которого время задержки на единицу длины сравнимо с циклом работы ЗУ (то есть кабель позволяет получать необходимое время задержки при сравнительно небольших геометрических размерах).

Схема автономного управления приведена на рис.10. Работа цепей управления начинается только с приходом из машины импульса ПП, который, проходя через линии задержки различной длины, формирует временные импульсы T_1 , T_2 , T'_2 и "строб". Линии задержки ЛЗ1, ЛЗ2, ЛЗ4 и ЛЗ5 определяют соответственно длительность импульсов "строб", T_1 , T_2 и T'_2 . Линия



задержки ЛЗ7 определяет интервал между импульсами T_1 и T_2 , а линия задержки ЛЗЗ — между T_1 и T_2' . Наконец, ЛЗ6 определяет начало импульса "строб". Импульсы T_1 и T_2 поступают на входы ФТА и определяют начало и длительность первого и второго координатных полуточков I_{ax} , I_{ay} . Импульс T_2' подается на входы ФТЗ и определяет начало и длительность тока запрета $I_{зп}$. Кроме импульса ПП, в МОЗУ поступают импульсы РПФ, ВЧМ, ЗпМ и "синхр". Импульс ВЧМ приходит только при выполнении операции "считывание числа", а импульс ЗпМ — при выполнении операции "запись числа". Импульс "синхр." используется для синхронизации осциллографа при наладке и профилактике МОЗУ. Все упомянутые выше импульсы, кроме ЗпМ, размножаются и усиливаются по мощности с помощью размножающих формирователей ФР.

Ш. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЯЧЕЕК МОЗУ

1. Типы электронных ячеек

На один накопитель приходится 110 электронных ячеек одиннадцати типов, которые содержат 1840 транзисторов типа П608, П605А, П416Б и 4200 диодов типа Д18 и ДЗ11. Ячейки:

ФТЗ — формирователь токов запрета;

ФТА — формирователь токов адресный;

ДшК - дешифратор координатный;

УСч - усилитель считывания;

ЛЗ - линия задержки;

БСК - блок сопротивлений и конденсаторов
были разработаны специально для МОЗУ.

В ячейках:

УРг - усилитель регистровый;

ФР - формирователь размножающий;

ДшА - дешифратор адресный;

ВС - вентиль связи

скомпанованы вентили совпадения и элементы, У, УК, УР, и ПЭм, применяемые в других устройствах БЭСМ-6.

Ячейка УИП - усилитель импульсного питания - используется во всех устройствах БЭСМ-6.

Ниже рассматриваются принципы действия четырех основных электронных ячеек МОЗУ: ФТЗ, ФТА, ДшК, УСч.

2. Формирователь токов запрета

Формирователь токов запрета (рис.11) представляет собой полупроводниковый формирователь импульсов тока амплитудой до 350 ма и длительностью до 1 мксек. Он срабатывает при подаче на его входы

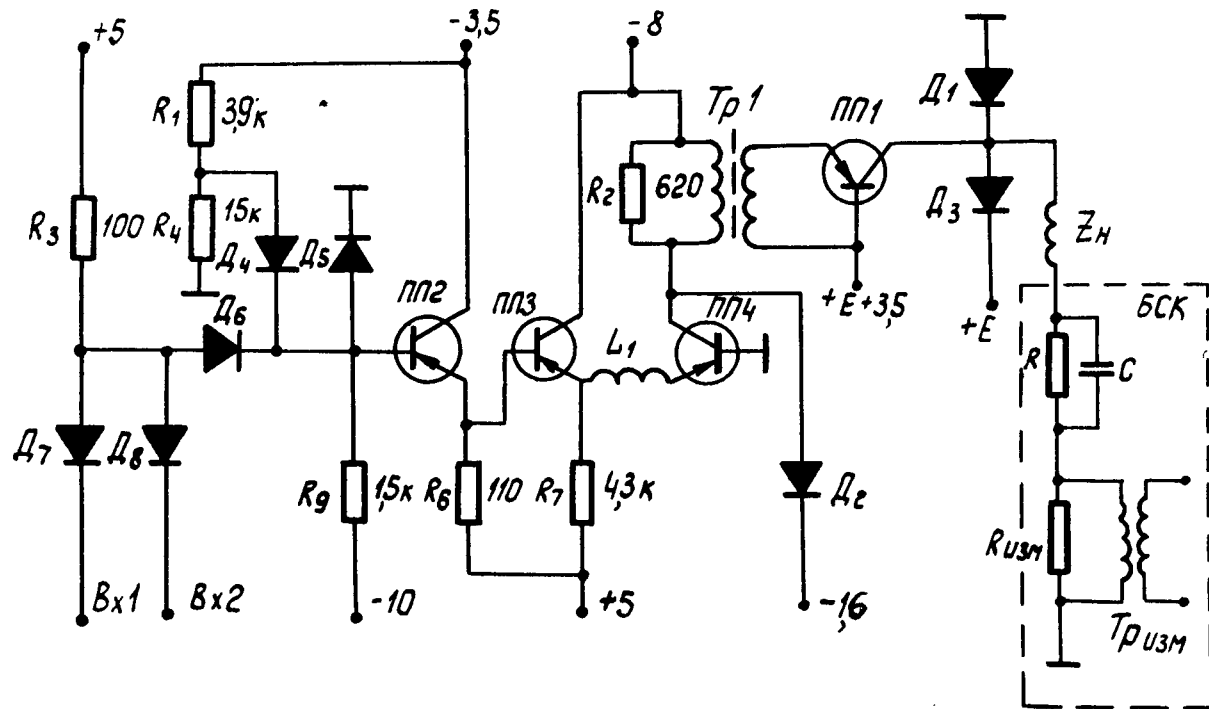


Рис. 11

двух сигналов от эмиттерных повторителей. ФТЗ работает в цепях регенерации и записи МОЗУ и выдает в обмотку запрета накопителя импульс тока при записи кода "0" по данному разряду.

В схеме формирователя можно выделить: входную часть, мощный переключатель тока с трансформаторным выходом, оконечный триод для усиления выходного сигнала по мощности, подсекающий и демпфирующий диоды на выходе оконечного каскада.

Входная часть состоит из двухвходового вентиля совпадения (D_6, D_7, D_8, R_3), ограничителя входного сигнала (D_4, D_5, R_1, R_4), эмиттерного повторителя (ПП2, R_6) и обеспечивает надежное срабатывание мощного переключателя тока.

Переключатель тока выполнен на транзисторах П608 (ПП3) и П416Б (ПП4) и переключает ток 50–55 ма. Поскольку триод ПП1 оконечного каскада включен по схеме с общей базой, в коллекторе ПП4 переключателя стоит понижающий трансформатор Тр1 с коэффициентом трансформации 0,12. Трансформатор намотан на двух столбиках, содержащих по 9 ферритовых сердечников Ф-1000 размером 3x2x1,5 мм. Вторичная обмотка состоит из двух параллельно включенных трехвитковых секций, между которыми расположены 25 витков первичной обмотки. Это позволяет получить трансформатор с индуктивностью рассеяния порядка 3–6 мкГн. Индуктивность намагничивания первичной обмотки – 2300 мкГн, вторичной – 30 мкГн. Форма напряжения на

первичной обмотке $Tr1$ и тока в ней показана на рис.12. Индуктивность рассеяния трансформатора обуславливает выбросы напряжения по переднему и заднему фронтам сигнала (рис.12,а). Выброс по переднему

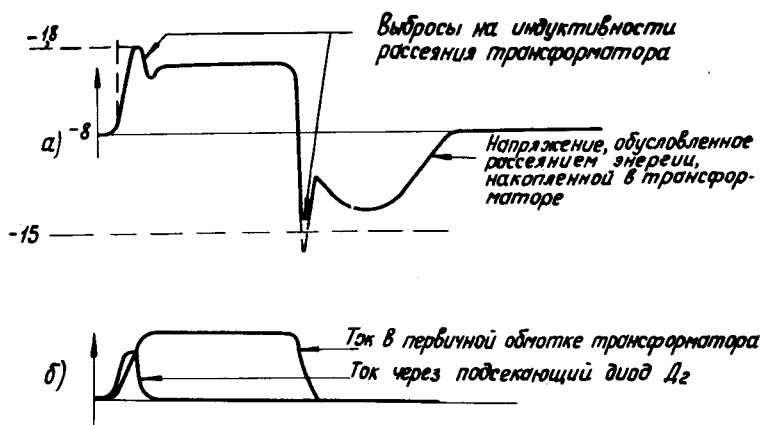


Рис.12

фронту сигнала при выбранном токе переключателя приводит к тому, что часть тока коллектора ПП4 отводится в подсекающий диод D_2 (рис.12,б). Выброс по заднему фронту может привести к превышению предельно допустимого напряжения для транзистора ПП4. Для того чтобы этого не происходило, в цепь эмиттера ПП4 включается корректирующая индуктивность L_1 порядка 0,9 мкГн. Включение этой индуктивности увеличивает время переключения переключателя до 0,1 мксек и, следовательно, способствует уменьшению

выброса по заднему фронту сигнала до нужных пределов. Однако такое ухудшение фронта тока переключателя еще не влияет на фронт тока в нагрузке формирователя тока запрета.

Подсекающий диод D_2 , отводя по переднему фронту сигнала часть тока переключателя, устраняет тем самым возможность насыщения триода ПП4. Накопленная во время импульса в трансформаторе энергия, рассеивается на шунтирующем сопротивлении R_2 .

Величина напряжения коллекторного питания переключателя (-8 в) такова, что обеспечивает передачу импульса тока требуемой величины и с требуемыми фронтами в оконечный каскад при значительном разбросе входного сопротивления оконечного каскада без превышения предельно допустимой мощности рассеяния на коллекторе ПП4.

Оконечный каскад формирователя тока представляет собой мощный триод П605А (ПП1), включенный по схеме с общей базой. Такое включение позволяет максимально использовать частотные свойства триода и, кроме того, ток, текущий через триод, оказывается стабильным по величине и зависящим в основном только от тока переключателя. В этой схеме включения допустимое напряжение на коллекторе наибольшее. Коллекторный ток оконечного триода выбран несколько больше, чем ток, требующийся для записи кода "0".

Подсекающий диод D_3 предотвращает насыщение триода ПП1 во время переднего фронта импульса и

отводит часть тока, представляющую разность между током коллектора оконечного каскада и током, необходимым для записи кода "0". Диод D_1 служит для демпфирования выброса импульса напряжения после прекращения тока в нагрузке.

К выходу формирователя подключается обмотка запрета, последовательно соединенная с RC -цепочкой и измерительным сопротивлением $R_{изм}$. На сопротивлении R поглощается большая часть мощности, выделяемой формирователем во время плоской части импульса после окончания переходных процессов в обмотке запрета. Это значительно облегчает режим работы оконечного триода ФТЗ. С другой стороны, сопротивление R вместе с подсекающим диодом позволяет с достаточной степенью точности стабилизировать величину тока запрета. Для коррекции переднего фронта тока, параллельно сопротивлению R ставится форсирующая емкость C .

Сопротивление обмотки запрета имеет индуктивный характер, поэтому для увеличения крутизны фронта тока нужно подключать нагрузку формирователя к возможно большему напряжению E . Максимальная величина этого напряжения определяется предельно допустимым напряжением между коллектором и базой оконечного триода ФТЗ.

Установившееся значение тока в обмотке запрета может быть вычислено по формуле:

$$I_{3\Pi} = \frac{E + U_{\text{д.п}}}{R_{3\Pi} + R + R_{\text{изм}}}, \quad (1)$$

где E – напряжение, определяющее ток в обмотке запрета;

$U_{\text{д.п}} \approx 0,3 \pm 0,2$ в – падение напряжения на подсекающем диоде во время импульса тока;

$R_{3\Pi} = 10,5 \pm 5\%$ – активное сопротивление обмотки запрета;

$R = 90 \text{ ом} \pm 1\%$;

$R_{\text{изм}} = 1 \text{ ом} \pm 2\%$.

Как видно из формулы (1), разброс токов запрета в МОЗУ зависит от разброса $U_{\text{д.п}}$, $R_{\text{изм}}$ и R и не превышает $\pm 2,5\%$.

Выражение (1) справедливо пока ток нагрузки, подключенной к выходу формирователя, меньше тока коллектора оконечного каскада. Из него также следует, что ФТЗ фактически является источником напряжения.

Измерительное сопротивление позволяет контролировать величину и форму тока в обмотке запрета. Сигнал с $R_{\text{изм}}$ подается на вход осциллографа через измерительный трансформатор. Измерительная цепь практически не искажает фронта передаваемого сигнала и дает скол плоской части примерно на 2,5% за время 0,75 мксек. RC-цепочка и измерительное сопротивление с трансформатором смонтированы в ячейке БСК.

В одной ячейке ФТЗ (рис.13) расположено 4 формирователя. К конструктивным особенностям ячейки

относится компактность расположения выходных цепей. Выходные проводники и проводники питания оконечных каскадов ячейки скручиваются между собой для умень-

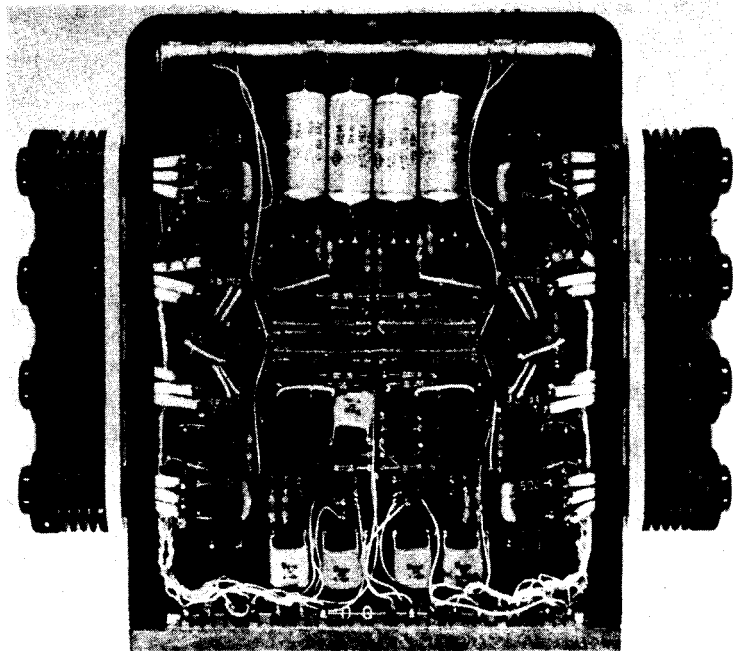


Рис. 13

шения электромагнитной наводки на другие элементы этой или соседних ячеек.

3. Формирователь токов адресный

Для формирования импульсов тока в координатных обмотках накопителя используется ячейка ФТА, кото-

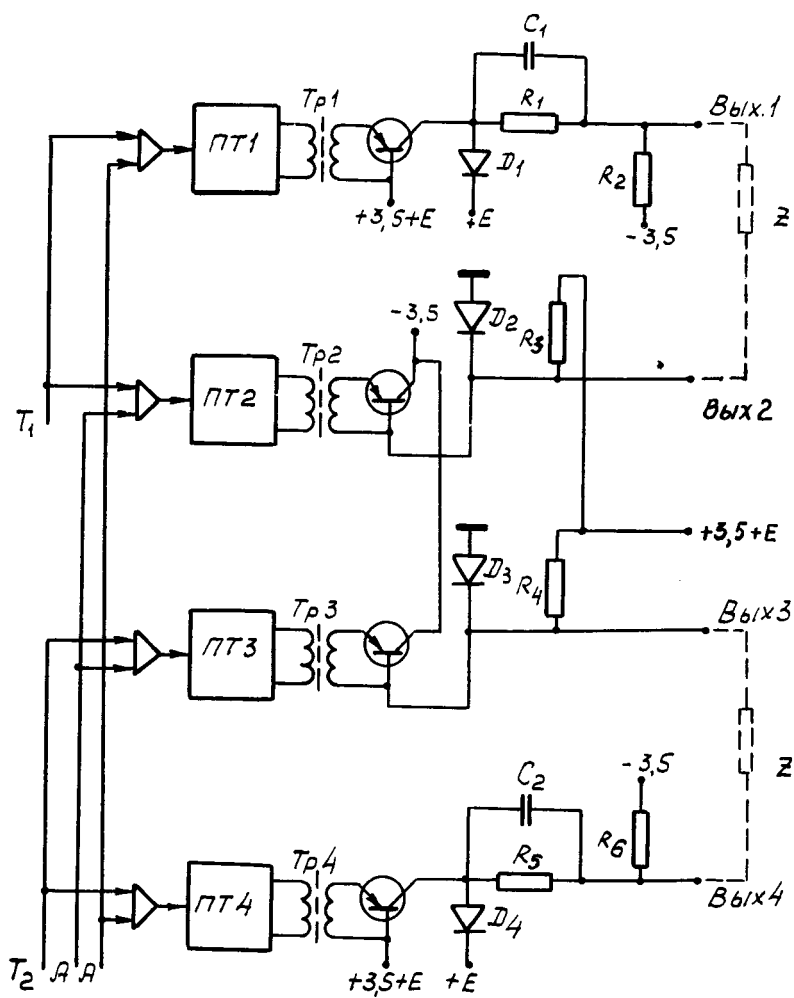


Рис. 14

рая отличается от ячейки ФТЗ иной коммутацией входов и небольшими изменениями в оконечных каскадах формирователей. Блок-схема ячейки ФТА дана на рис.14. В ячейку входят две RC -цепочки, которые подключаются к коллекторам оконечных триодов первого и четвертого формирователей тока. Оконечные каскады двух других формирователей выполнены по схеме с общим коллектором. Демпфирующие диоды в оконечных каскадах ячейки отсутствуют. Через сопротивления утечки R_2, R_3, R_4, R_6 на ограничивающие диоды D_1, D_2, D_3, D_4 подается запирающее напряжение. Все эти изменения обусловлены спецификой работы формирователей координатных полутоков в МОЗУ. Координатная обмотка накопителя включается между выходами 1 и 2 или 3 и 4.

4. Дешифратор координатный

Для получения в координатной обмотке накопителя двухполярных импульсов тока используется ячейка ДшК, которая является частью дешифрирующей диодно-трансформаторной матрицы. Один элемент такой матрицы показан на рис.15 .

Импульсы тока поступают в координатную обмотку через трансформатор $Tr1$ с коэффициентом трансформации 1. Трансформатор намотан скрученным проводом (25 витков) на двух столбиках, содержащих по 3 ферритовых сердечника Ф-1000 размером 7х4х2 мм.

Индуктивность рассеяния $L_S \leq 2$ мкГн, индуктивность намагничивания $L_M \geq 800$ мкГн, емкость между первичной и вторичной обмотками $C_{12} \leq 50$ пф. В первом при-

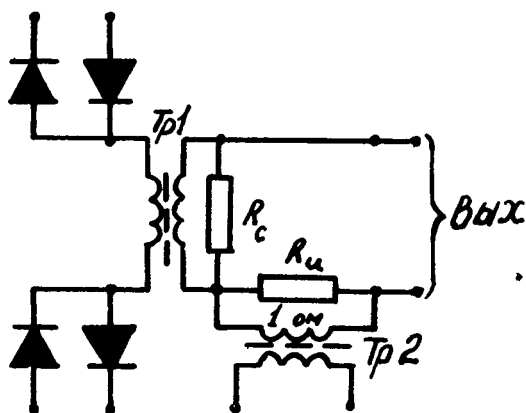


Рис. 15

ближении координатную обмотку накопителя можно рассматривать как короткозамкнутую двухпроводную линию с волновым сопротивлением приблизительно 300–350 ом и временем задержки примерно 15–20 нсек. Для согласования такой линии по входу, выходная обмотка трансформатора шунтируется сопротивлением R_c величиной 330 ом. Измерительная цепочка $R_{изм}, Tr2$ позволяет контролировать параметры координатных потоков.

Рассмотрим более подробно процессы, происходящие в цепях выборки координатных обмоток накопителя. На рис.16 изображена принципиальная схема цепи

формирования одного координатного полутoka от оконечного триода ПП1 одного формирователя тока до оконечного триода ПП2 формирователя, работающего в

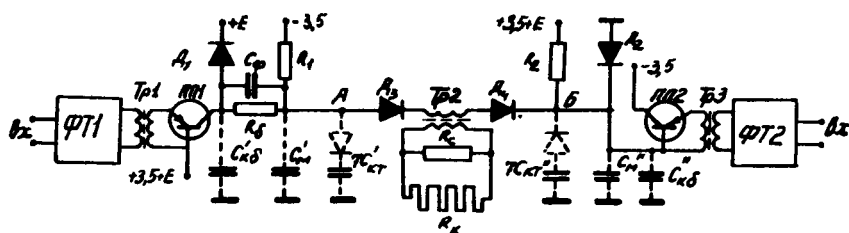


Рис. 16

паре с ним. На схеме показаны паразитные емкости, к которым относятся: емкость перехода коллектор-база оконечного триода $C_{к.б} \approx 150$ пкф, монтажная емкость шины координатного дешифратора $C_{м} \approx 50$ пкф и межобмоточная емкость координатного трансформатора $C_{к.т} \approx 20$ пкф, включенная последовательно с емкостью координатной обмотки.

Емкость координатной обмотки накопителя БЭСМ-6 достигает величины 500 пкф. К выходу одного формирователя подключено 8 координат, но только в одной из них протекает импульс тока при обращении по данному адресу. Суммарная емкость остальных семи координатных обмоток составляет 3500 пкф. Включение координатных обмоток через трансформатор поз-

воляет свести эту емкость к суммарной межобмоточной емкости семи координатных трансформаторов (приблизительно 140 пкф) и тем самым значительно облегчить работу формирователя тока.

При отсутствии обращения к МОЗУ триоды оконечных каскадов закрыты, а первичная обмотка координатного трансформатора Тр2 находится под потенциалом примерно $E/2$. Потенциал на коллекторе ПП1 - 3,5 в и на базе ПП2 $E + 3,5$ в. После включения ФТ1 и ФТ2 начинается зарядка емкостей $C'_{к.б}$, C'_M , $7C'_{к.т}$ полным током коллектора ПП1 от напряжения -3,5 в и разрядка $C''_{к.б}$, C''_M , $7C''_{к.т}$ полным током базы ПП2 от напряжения $E + 3,5$ в. Ток через обмотку трансформатора Тр2 при этом пока еще не течет, поскольку диоды D_3 и D_4 закрыты. После того, как напряжение в точке А превысит напряжение в точке Б, диоды D_3 и D_4 откроются и к первичной обмотке Тр2 будет прикладываться возрастающее напряжение. Процесс зарядки и разрядки емкостей полным током формирователей протекает очень быстро и определяется фронтом тока самих формирователей. Поскольку постоянная времени координатной обмотки велика (~ 1 мксек) а фронт тока порядка 0,1 мксек, основная часть тока, выдаваемого формирователем ФТ1, после зарядки емкости $C'_{к.б}$ до потенциала Е будет отводиться через ограничивающий диод D_1 , а основная часть тока ФТ2 после разрядки емкостей до потенциала "земля" че-

координатного трансформатора.

Значение тока в координатной обмотке равно

$$I_a = I_0 (1 - e^{-\frac{2t}{\tau}}),$$

где $I_0 = \frac{E + 2U_{д.п} - 2U_{д.к}}{R + R_0}$ — амплитуда тока в координатной обмотке;

$$\tau = \frac{L}{R + R_0}$$

$U_{д.п}$ — падение напряжения на ограничивающем диоде (D_1, D_2) во время импульса тока;

$U_{д.к}$ — падение напряжения на диоде дешифратора (D_3, D_4) во время импульса тока.

Конструктивно в одной ячейке ДшК расположено 8 элементов дешифрирующей диодно-трансформаторной матрицы. Выходы вторичных обмоток координатных трансформаторов тщательно скручиваются друг с другом для уменьшения электромагнитной наводки на различные части ячейки. Выходы измерительных трансформаторов также скручиваются между собой для уменьшения наводки на них со стороны других частей ячейки.

5. Усилитель считывания

Усилитель считывания предназначен для усиления сигналов, поступающих с выходных обмоток матрицы накопителя, и выдачи их в регистр числа. Для увеличения отношения сигнала к помехе обмотка считывания матрицы разбита на 4 секции, каждая из которых

имеет индуктивность ~ 4 мкГн, активное сопротивление ~ 4 Ом и значительную емкость ~ 70 пкФ относительно остальных обмоток.

На рис.18 показаны все возможные сигналы напряжения на выходной обмотке матрицы. Следует помнить, что:

а) помехи по фронтам тока запрета для некоторых неблагоприятных сочетаний кода, записанного в матрице, могут достигать значений нескольких сотен милливольт, тогда как амплитуда полезного сигнала порядка 30 мВ;

б) на выходной обмотке матрицы возможно появление продолжительной серии однополярных импульсов (максимум 1024 импульса), что приводит к смещению постоянной составляющей на входном трансформаторе УСч;

в) помехи по фронтам тока запрета могут присутствовать одновременно на всех выходных обмотках; амплитуда и полярность их определяется распределением кодов в сердечниках, охватываемых выходной обмоткой.

Выделение сигнала осуществляется стробированием во времени выходного сигнала усилителя считывания. Стробирование осуществляется на входном вентиле регистра числа. Во время стробирования усилитель считывания должен обеспечивать высокий потенциал на входе вентиля, если считывается "1", и низкий потенциал, если считывается "0".

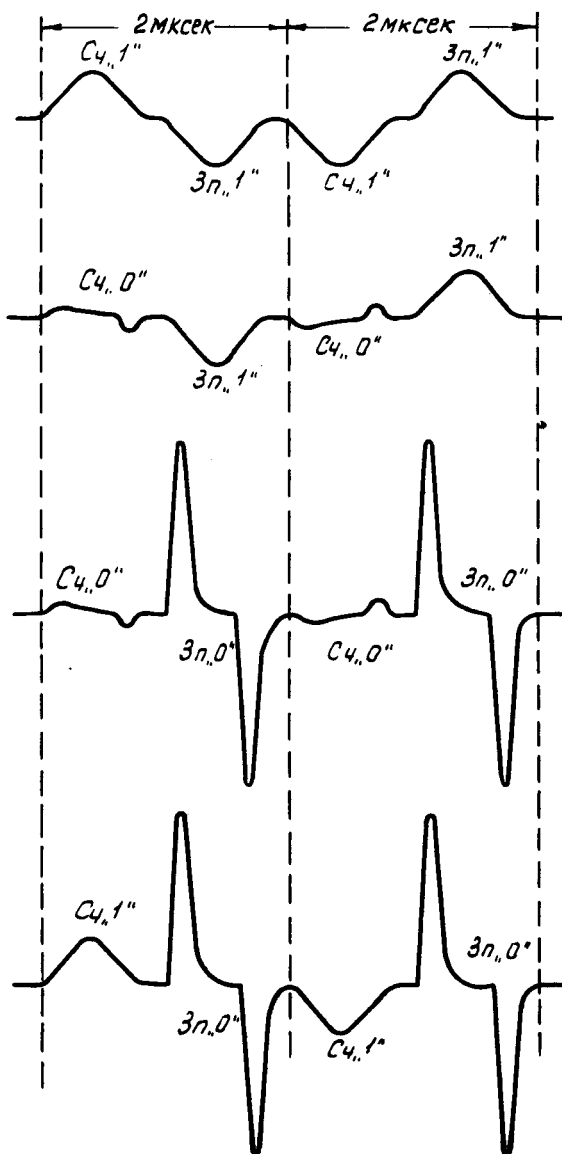
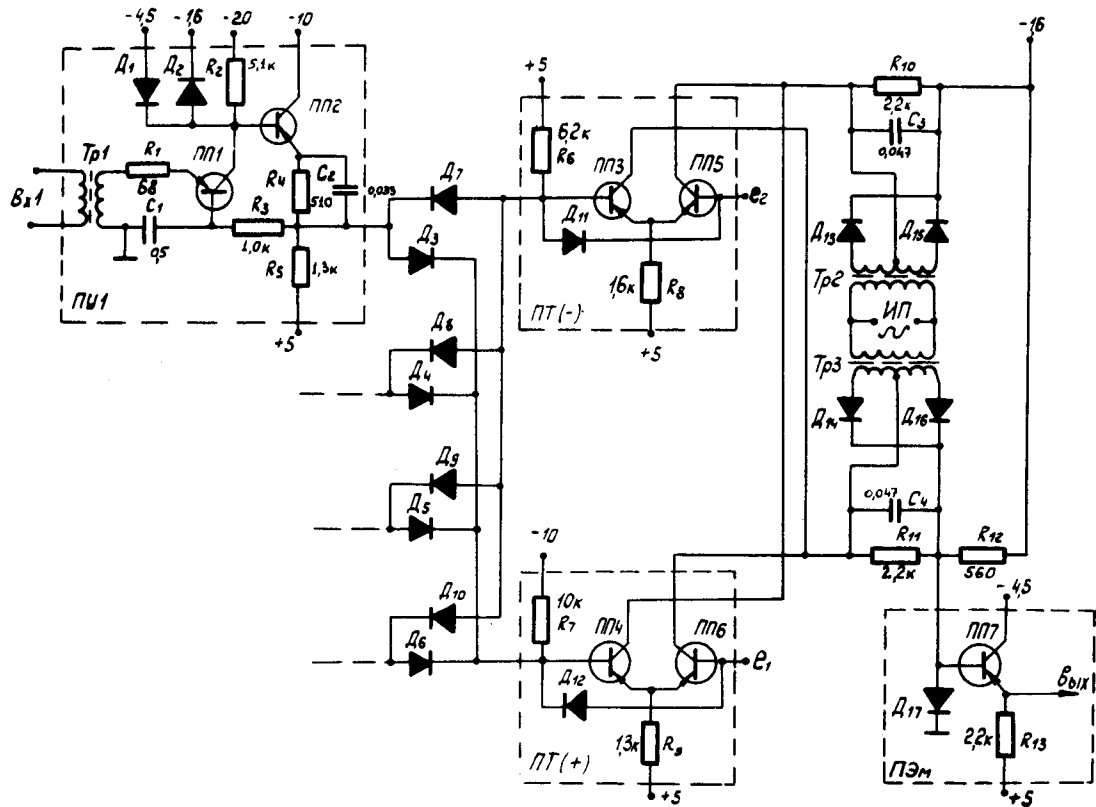


Рис. 18

Рис. 19



Усилитель считывания (рис.19) имеет 4 канала предварительного усиления (ПУ1+ПУ4); две четырех-входовые диодные сборки для объединения положительных и отрицательных сигналов; два токовых переключателя ПТ(+) и ПТ(-), один из которых (ПТ(+)) срабатывает от положительных сигналов на входе, а другой (ПТ(-)) - от отрицательных; эмиттерный повторитель ПЭм. Переключатель ПТ(-) осуществляет инвертирование сигналов.

Предусилитель представляет собой двухкаскадный линейный усилитель с глубокой отрицательной обратной связью по постоянному току и коэффициент усиления по переменному току ~ 50 . Для уменьшения емкостной связи усилителя с координатными обмотками и обмоткой запрета матрицы, ПУ имеет входной трансформатор Тр1 с малой межобмоточной емкостью ($C_T \sim 4$ пкф) и коэффициентом трансформации равным 1. Трансформатор намотан на ферритовом сердечнике Ф-2000 размером 7x4x2мм. Индуктивность намагничивания каждой обмотки $L_M \geq 4,5$ мкГн, суммарная индуктивность рассеяния обмоток $L_S \leq 1,8$ мкГн. По переменному току первый каскад ПУ работает как усилитель с общей базой. Подсекающие диоды D_1 и D_2 ограничивают сигнал в коллекторе первого каскада, предотвращая насыщение первого или забивание второго каскада усилителя. Второй каскад ПУ, выполненный по схеме эмиттерного повторителя, усиливает сигналы по току. Сигнал проходит через RC-цепочку R_4, C_2 .

Постоянная времени цепи передачи сигнала равна

$$\frac{R_3 R_4 R_5}{R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5} C_2 \approx 9 \text{ мксек} \gg t_{\text{сигнала}}$$

Глубокая отрицательная обратная связь обеспечивает стабилизацию уровней напряжения на коллекторе первого триода и на выходе ПУ. Уровень на коллекторе ПП1 равен -3 в, то есть лежит посередине между уровнями подсечки положительных ($-1,6$ в) и отрицательных ($-4,5$ в) сигналов. Уровень на эмиттере второго каскада равен $-2,7 \pm 0,15$ в. Уровень напряжения на выходе ПУ можно вычислить по формуле

$$e_{\text{пу}} = -(I_3 R_1 + U_{\text{э.б}} + I_6 R_3) = -I_3 \left(R_1 + \frac{R_3}{\beta} \right) - U_{\text{э.б}} = -0,52 \pm 0,03 \text{ в.}$$

На выходе предусилителя сигнал имеет амплитуду $\sim 1,5$ в от уровня $-0,52$ в. Уровни дискриминации e_1 и e_2 переключателей тока ПТ(−) и ПТ(+) должны располагаться симметрично относительно уровня выхода ПУ. На рис.20 показана форма сигналов на выходе предусилителя при подаче на его вход сигналов, изображенных на рис.18.

В исходном состоянии триоды ПП3 переключателя тока ПТ(−) и ПП6 переключателя тока ПТ(+) закрыты (см.рис.19). Коллекторы ПП3 и ПП6 включены на общую нагрузку R_{12} . В коллекторные цепи всех триодов ПТ включены последовательно источники постоянного напряжения величиной $3,5$ в, так называемые "подвешенные" источники питания, представляющие собой двухполупериодные выпрямители, на входы кото-

рых подается импульсное питание. Диод D_{17} устраняет возможность насыщения, если одновременно срабатывают оба переключателя.

Пусть $U_{э.б.макс}$ обозначает максимально возможное падение напряжения на переходе эмиттер-база для триодов типа П416Б при токе эмиттера 3,5 ма, а

$U_{э.б.мин}$ - минимально возможное падение напряжения на переходе эмиттер-база для триодов типа П416Б, при котором эмиттерный ток еще отсутствует. Пусть, далее, U_{D_i} обозначает падение напряжения на диоде D_i при токе через него 1 ма. Можно записать, что

$$U_{D_i мин} \leq U_{D_i} \leq U_{D_i макс}.$$

В этом выражении $U_{D_i макс}$ и $U_{D_i мин}$ - верхний и нижний пределы величины U_{D_i} , которые определяются типом диода D_i .

Для того чтобы в отсутствие сигналов на входах ПТ(-) и ПТ(+) через общее нагрузочное сопротивление не было тока, необходимо выполнить условие

$$U_{D_i мин} \geq U_{э.б.макс} - U_{э.б.мин} \quad (i = 11, 12).$$

Максимальная помеха $U_{п.макс}$, которая еще не вызывает переключение ПТ(-) и ПТ(+), и минимальный сигнал $U_{с.мин}$, который вызывает переключение ПТ(-) и ПТ(+), определяются неравенствами:

$$U_{п.макс} \leq e_0 + U_{D_i мин} + U_{э.б.мин} - U_{э.б.макс},$$

$$U_{с.мин} \geq e_0 + U_{D_i мин} + U_{э.б.макс} - U_{э.б.мин},$$

где $e_0 = e_1 - e_{пу} = e_{пу} - e_2$; $i = 3, 7$.

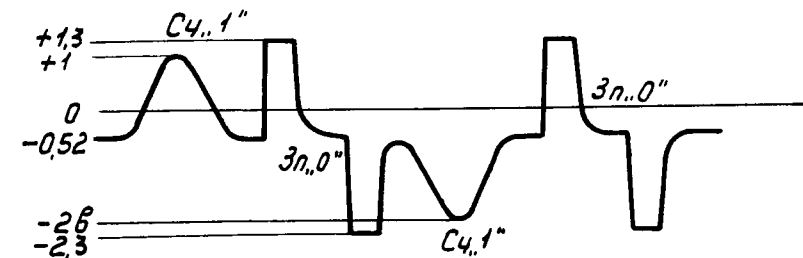
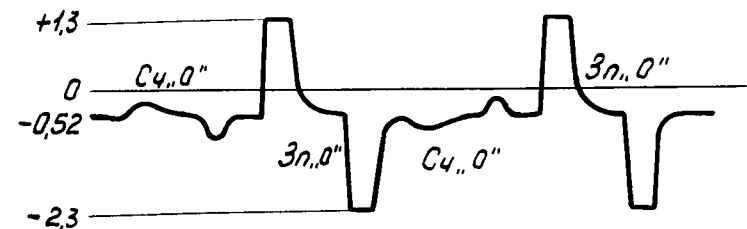
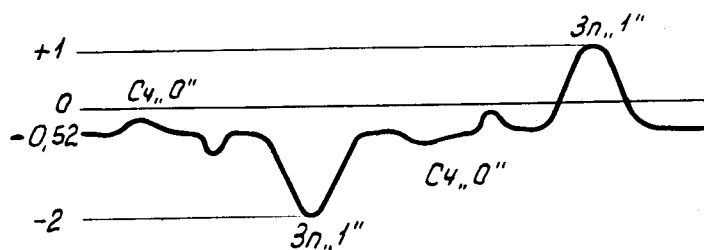
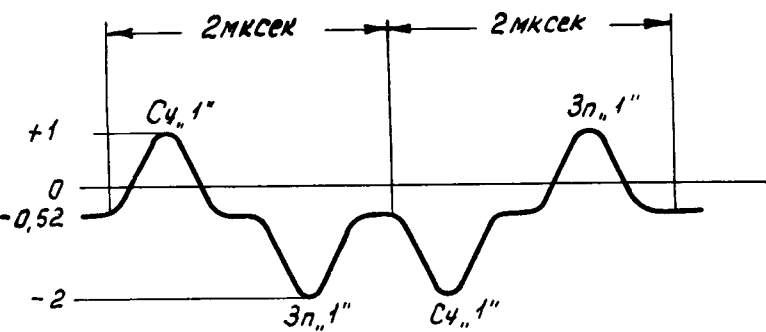


Рис. 20

Когда сигнал на выходе предусилителя превосходит максимально допустимую помеху, но еще не достиг минимального значения, требуемого для переключения ПТ(-) или ПТ(+), тогда сигнал на выходе переключателя не определен. На рис.21 показана форма сигналов на выходном сопротивлении переключателей R_{12} при подаче на вход усилителя считывания сигналов, изображенных на рис.18. Заштрихованные участки соответствуют случаю, когда сигнал на выходе ПУ изменяется в пределах от $U_{п.макс}$ до $U_{с.мин}$.

Выходной каскад усилителя считывания представляет собой эмиттерный повторитель с нагрузочным сопротивлением 2,2 ком.

Конструктивно в одной ячейке УСч расположено два усилителя считывания.

1У. КОНСТРУКЦИЯ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ БЛОКА МОЗУ

Конструктивно два блока МОЗУ выполнены в виде отдельного шкафа, который имеет длину 1843 мм, ширину 620 мм и высоту 1878 мм. В каждой половине шкафа размещаются: накопитель; четыре платы, на которых располагаются вилки 35-контактных разъемов для монтажа различных электрических цепей и установки электронных ячеек; конденсаторы для подавления колебаний, которые могут возникнуть на индуктив-

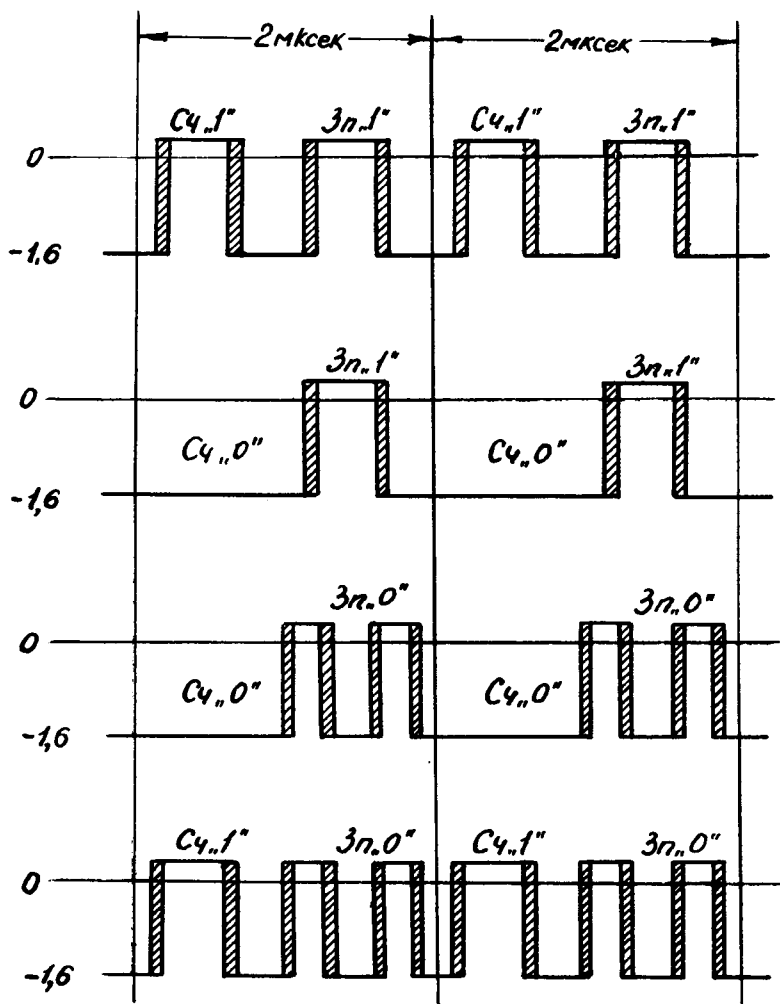


Рис. 51

ности проводов, подводящих питание; ножевые разъемы для соединения блока МОЗУ с другими устройствами ЭВМ. Через клеммные колодки, находящиеся в нижней части шкафа, оба блока МОЗУ подключаются к одной стойке питания.

В стойке питания установлено 20 источников постоянных напряжений, 9 из них работают одновременно на оба блока МОЗУ. Кроме постоянных напряжений, в МОЗУ должны быть поданы от генератора прямоугольные импульсы с частотой 200–400 кГц, скважностью 2 и амплитудой 3,5 в для питания выпрямителей в ячейках ДшА, УРг, УСч и ФР.

Питание оконечных каскадов ФТА и ФТЗ и установка уровней дискриминации усилителей считывания осуществляется отдельно для каждого блока МОЗУ. Это позволяет (в случае необходимости) устанавливать для каждого накопителя свою оптимальную рабочую точку и облегчает наладку и профилактику запоминающего устройства. В табл.2 приводятся номинальные значения питающих напряжений и максимальное потребление тока от каждого источника. Источник питания оконечных каскадов ФТЗ подключается к блоку МОЗУ отдельными прямым и обратным проводами, которые скручиваются между собой для уменьшения индуктивности двухпроводной линии, образованной ими. Прочие источники питания, потребление тока от которых значительно меньше и носит более статический характер, подключаются к нагрузке общим обратным проводом.

Таблица 2

Номинал, в	Количество источников	Потребление по току, а		Подается на
		постоянное	импульсное	
+15	I	3,0	-	УИП
+6	I	11,6	-	ФТА и ФТЗ
+5	I	9,0	-	все ячейки
-1,6	I	5,5	-	все ячейки
-3,5	I	6,4	-	все ячейки
-4,5	I	0,5	-	УСч
-8	I	14,0	-	ФТА и ФТЗ
-10	I	3,0	-	все ячейки
-20	I	2,2	-	УСч
±3,5	2	-	0,5	ФТА
+(33+39)	2	-	0,5	ФТА (определяет величину тока в координатной об- мотке)
±3,5	2	-	16,5	ФТЗ
+(30+33)	2	-	16,5	ФТЗ (определяет величину тока в обмотке запрета)
±5	2	1,0	-	УСч (определяет уровни дискриминации)
РЕЗЕРВ	I	-	-	-

Для выравнивания электростатических потенциалов обратные провода источников соединяются между собой на корпусе блока МОЗУ /1/.

На рис.22 показана эквивалентная схема цепи питания оконечных каскадов ФТЗ. Она представляет собой простой параллельный контур, где E - напряжение источника питания, L и R - индуктивность и активное

сопротивление подводящих проводов, C — емкость развязывающих конденсаторов, установленных в блоке МОЗУ. Для того чтобы переходные процессы в конту-

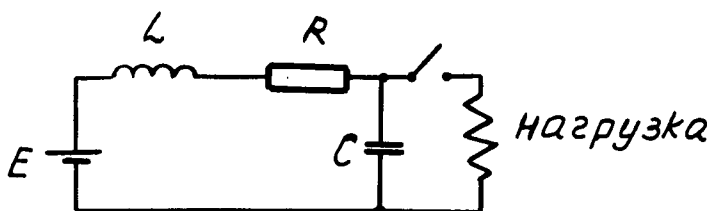


Рис. 22

ре носили аperiodический характер, необходимо выполнить условие /2/

$$\frac{R}{2L} \geq \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

Если допустимое падение напряжения на подводящих проводах $\Delta E \leq 0,01E$, то

$$R = \frac{\Delta E}{I_C} = \frac{0,3 \text{ В}}{8 \text{ а}} = 3,75 \cdot 10^{-2} \text{ ом.}$$

Здесь I_C — максимальное среднее значение тока.

Индуктивность L двухпроводной линии длиной l вычисляется по формуле

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} l \left(\ln \frac{2D}{d} + \frac{1}{4} \right),$$

где $\mu_0 = 0,4 \pi \text{ мкГн/м}$;

D — расстояние между осями проводов;

d — диаметр провода без изоляции.

При $l = 10 \text{ м}$ и $D/d = 1,35$, получим $L = 5 \text{ мкГн}$.

Из выражения (2) следует

$$C \geq \frac{4L}{R^2} = \frac{20 \text{ мкГн}}{(3,75)^2 \cdot 10^{-4} \text{ ом}} \approx 15 \cdot 10^3 \text{ мкФ},$$

В заключение отметим, что в качестве развязывающих конденсаторов используются электролитические конденсаторы типа ЭГЦ. Каждая ячейка ФТЗ подключается к блоку развязывающих конденсаторов отдельной парой скрученных между собой проводов.

У. НАЛАДКА И ПРОФИЛАКТИКА МОЗУ

Наладка МОЗУ в основном сводится к устранению монтажных ошибок и проверке временной диаграммы, то есть определению длительности временных импульсов и интервалов между ними. Кроме того, уточняется расположение импульса "строб" по отношению к выходному сигналу. Для этих целей используется устройство контроля оперативного накопителя – УКОН, которое выдает в блок МОЗУ временные импульсы, необходимые для его работы, код адреса и код числа одновременно по 12 разрядам.

При автономной проверке по всем адресам одного блока МОЗУ сначала записываются, а потом считываются коды: "0", "1", прямой и обратный "шахматный" код. Частота обращения к МОЗУ – 500 кГц. Устройство сравнения УКОНа позволяет в случае возникновения неисправности определить адрес неисправной ячейки

МОЗУ. Одновременно с прохождением теста производится изменение всех номиналов питающих напряжений в допустимых пределах.

Окончательная наладка (а в дальнейшем и профилактика) МОЗУ производится в составе вычислительной машины с помощью специальной тестовой программы – теста МОЗУ. Тест предназначен для проверки 8 или 4 блоков МОЗУ. Каждый блок МОЗУ проверяется отдельно. Тест позволяет изменять в возможных пределах напряжение любых источников питания проверяемого блока МОЗУ, и всегда располагается в таких блоках МОЗУ, питающие напряжения которых не меняются во время проверки. Тест производит запись специального кода по всем адресам в выбранный блок МОЗУ, а затем этот код считывается многократно с максимальной частотой обращения к блоку МОЗУ (~ 500 кгц). Распределение кода в одном разряде блока МОЗУ показано на рис.23 (по всем разрядам записывается одинаковый код). После считывания проверяется, сохранилось ли в блоке МОЗУ заданное распределение кода и код смещается циклически так, как это показано на рис.24. После завершения цикла сдвига код меняется на обратный и производится указанная выше проверка. Блоки МОЗУ могут проверяться как с центрального пульта (вручную), так и в автоматическом режиме. В автоматическом режиме блоки МОЗУ проверяются последовательно один за другим. Питающие напряжения проверяемого блока ($-1,6$ в и

64 ₁₀			
16 ₈	00 0 ...	0	... 0
	00 0 ...		... 0

	00 0 ...		... 0
16 ₈	11 1 ...	1	... 1
	11 1 ...		... 1

	11 1 ...		... 1
16 ₈	100 1100 ...	ШК	... 1100 1
	011 0011 ...		... 0011 0
	011 0011 ...		... 0011 0
	100 1100 ...		... 1100 1
16 ₈	011 0011 ...	ШК	... 0011 0
	100 1100 ...		... 1100 1
	011 0011 ...		... 0011 0
	100 1100 ...		... 1100 1

А физич.

0000 ÷ 1777

2000 ÷ 3777

4000 ÷ 5777

6000 ÷ 7777

Рис. 23

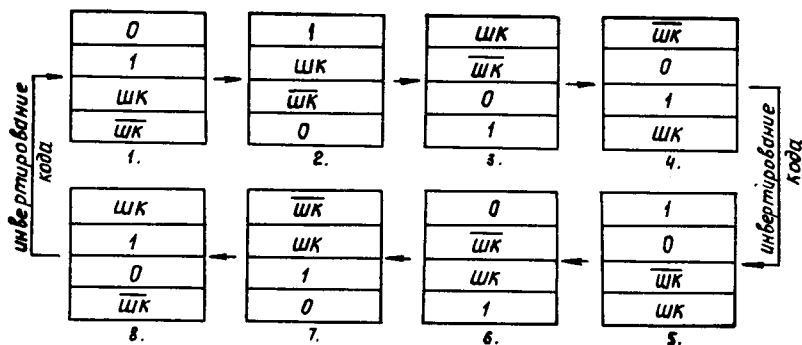


Рис. 24

± 5 в) изменяются на величину $\pm \Delta$, которая задается с пульта БЭСМ-6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт разработки МОЗУ показывает, что дальнейшее увеличение его быстродействия и емкости ограничивается в основном возможностями запоминающих сердечников и размерами накопителя. При построении МОЗУ на принципе совпадающих токов уменьшение длин обмоток накопителя позволяет получить существенно большие емкости устройства, а использование более быстродействующих сердечников – уменьшить цикл его работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашников В.В., Шапошников Д.Ф., Штильман Д.Г. Развязка цепей питания МОЗУ в машине БЭСМ-6. ИТМ и ВТ, 1969.
2. Теумин И.И. Справочник по переходным и электрическим процессам. М., Связьиздат, 1952.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение.	3
1. Общая характеристика магнитного оператив- ного запоминающего устройства (МОЗУ). . . .	4
II. Назначение и принципы работы отдельных узлов МОЗУ.	7
1. Блок-схема запоминающего устройства. .	7
2. Накопитель.	9
3. Регистр адреса и первая ступень деши- фрации кода адреса.	16
4. Вторая ступень дешифрации кода адреса.	18
5. Цепи регенерации и записи.	19
6. Цепи автономного управления блока МОЗУ.	23
III. Принципы работы основных электронных ячеек МОЗУ.	25
1. Типы электронных ячеек.	25
2. Формирователь токов запрета.	26
3. Формирователь токов адресный.	33
4. Дешифратор координатный.	35
5. Усилитель считывания.	40
IV. Конструкция и электропитание блока МОЗУ.	48
V. Наладка и профилактика МОЗУ.	53
Заключение.	56