

37

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
СО АН СССР

А.Н.Квашнин, А.Д.Хильченко

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ
ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ФЭУ

ПРЕПРИНТ 83-60

НОВОСИБИРСК

ВВЕДЕНИЕ

Оптические методы исследования широко используются при проведении различных физических экспериментов. В физике плазмы с их помощью определяются такие параметры как плотность и температура, поведение функции распределения, спектральные характеристики излучения и т.д. При реализации большей части диагностических методик в качестве элементов преобразования оптических характеристик исследуемого объекта в электрические сигналы используются ФЭУ различных типов. Широкая номенклатура, высокие коэффициенты усиления и чувствительность делают эти приборы особенно привлекательными.

Развитие диагностических методик привело к появлению многоканальных систем регистрации, требующих нормировки коэффициентов передачи по каждому измерительному тракту. В этих целях широко используется зависимость коэффициента усиления ФЭУ от величины напряжения питания, что требует применения для каждого измерительного тракта отдельного управляемого источника, обладающего высокой стабильностью. В рамках решения этой задачи был разработан многоканальный источник питания ФЭУ, описание которого приводится ниже.

Высоковольтный источник выполнен в виде набора модулей, выделенных по функциональному назначению:

1. Первичный стабилизированный источник питания +24 В, -24 В, +6 В, -6 В.
2. Первичный источник питания +20 В, 20 А.
3. Управляемый четырехканальный преобразователь напряжения.
4. Блок управления, вырабатывающий напряжения уставки для всех преобразователей и измеряющий текущие значения выходного напряжения по каждому каналу.
5. Связной модуль, обеспечивающий сопряжение блока управления через последовательную линию связи с ЭВМ.

Функциональная схема источника приведена на рис. I. Перейдем к рассмотрению принципов построения основных модулей источника.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Основным модулем, определяющим практически все метрологические характеристики источника, является преобразователь напряжения. Принципиальная схема одного из его каналов приведена на рис.2.

В качестве основы принята трансформаторная схема преобразования с широтно-импульсной модуляцией. Такое решение позволило существенно снизить потери энергии на регулирующем элементе и увеличить КПД преобразователя, реализованного на трансформаторе TrI и транзисторах $V3$ и $V4$. В отличие от классической схемы, питание на среднюю точку первичной обмотки трансформатора подано через дроссель $L1$, что позволяет расширить диапазон изменения выходного напряжения и уменьшить постоянную составляющую магнитного потока в сердечнике трансформатора. С целью сокращения габаритов преобразователя используются ферритовые сердечники, а частота преобразования принята равной 15 кГц.

Высоковольтный выпрямитель выполнен по схеме удвоения напряжения, снижающей коэффициент трансформации TrI и, как следствие, потери на перезаряд паразитной емкости обмоток. Обмотки $W4$ и $W5$ и соответствующие выпрямители предназначены для формирования напряжений, необходимых для управления работой ФЭУ по модулирующему электроду.

Рассмотрим отдельные режимы работы преобразователя:

1. В режиме стабилизации выходного напряжения в качестве сигнала цепи обратной связи используется ток, величина которого определяется выходным напряжением с внутренним резистивным делителем $R17-R21$. Значение тока делителя сравнивается с опорным, поступающим от блока управления и от схемы, задающей величину начального напряжения U_{on} . Разностный ток и ток модуляции, формируемый на $R4$ и $C2$, интегрируются на интеграторе $A2$. Сигнал ошибки сравнивается с нулевым потенциалом компаратором $A3$, вырабатывающим импульс управления необходимой длительности. Импульс управления в данном цикле поступает только на один из ключевых транзисторов в зависимости от состояния триггера очередности $Д1.1$.

Кроме этого предусмотрен принудительный запрет одновременного включения транзисторов $V3$ и $V4$ блокирующим импульсом, формируемым на $Д2.1$, $Д2.2$ во время начала очередного цикла. Это позволяет исключить сквозной ток в первичной обмотке трансформатора, возникающий за счет разницы во временах включения и выключения ключевых транзисторов.

В преобразователе предусмотрена защита ключевых транзисторов по току, реализованная на элементах $R14$, $V2$, $Д1.2$.

2. В режиме стабилизации коэффициента усиления ФЭУ в качестве сигнала цепи обратной связи используется его выходной ток, величина которого определяется интенсивностью источника фоновой засветки и значением коэффициента усиления. Если интенсивность источника засветки — величина постоянная, то изменение выходного тока ФЭУ будут определяться временным или температурным дрейфом коэффициента усиления, а так же модулирующим влиянием внешних электромагнитных полей. Как показано на рис.2, в этом режиме сигнал обратной связи снимается с сопротивления нагрузки ФЭУ $R2$ (100 к) и через повторитель $A1$ и токозадающее сопротивление $R8$ подается на вход интегратора, внутренний резистивный делитель которого отключен.

Сигнал, снимаемый с $R21$ делителя, при любом из указанных режимов используется для контроля выходного напряжения.

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ

Основное назначение блока — управление модулями преобразователей и измерение текущих значений выходных напряжений по каждому из каналов.

Рассмотрим работу блока по структурной схеме, приведенной на рис.3.

После включения питания производится начальная загрузка опорных напряжений в ЗУ ЦАП, исключая появление на выходах источника высокого напряжения. Затем блок переходит в рабочий режим, осуществляя циклическую раздачу напряжений установок, сформированных цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) и измерение значений выходных напряжений встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП).

Узел аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей выполнен на основе ИС К572ПА1А. Упрощенная принципиальная схема этого узла приведена на рис.4. В схеме использованы оба аналоговых выхода ИС: первый для АЦП, второй — для ЦАП. Особенностью схемы является использование вместо источника опорного напряжения, рекомендуемого для ИС К572ПА1А, генераторов опорных токов I1 и I2. Такое решение позволило исключить влияние температурного дрейфа внутренней резистивной сетки ИС ЦАП на значения выходных токов и стабилизировать масштабы ЦАП и АЦП.

Рассмотрим работу ЦАП в режиме формирования напряжений уставки. Значения напряжений уставки хранятся в ячейках ЗУ ЦАП с адресами, равными номерам каналов. Код из ячейки с номером выбранного канала поступает на ЦАП и преобразуется в соответствующее напряжение, которое через аналоговый мультиплексор и запоминатель подается на управляющий вход преобразователя. ЗУ ЦАП и аналоговый мультиплексор работают в режиме циклического перебора адресов, обеспечивая поочередное формирование и раздачу напряжений уставок по всем 16 каналам источника.

После каждого описанного цикла производится измерение выходного напряжения по одному из каналов источника с помощью АЦП поразрядного уравнивания. Напряжение подается на вход АЦП через коммутатор каналов. Результат измерения заносится в ЗУ АЦП, причем адрес ячейки ЗУ однозначно связан с номером контролируемого канала.

Диаграмма, поясняющая очередность работы элементов аналогового узла, приведена на рис.6. Первые 16 временных интервалов соответствуют формированию и раздаче опорных напряжений, 10 последующих — измерению по одному из каналов, 27 и 28 интервалы выделены для записи результата измерения в ЗУ АЦП.

Интервалы с 29 по 32 являются служебными и их назначение будет рассмотрено ниже. Полный цикл состоит из 16 описанных, что соответствует перебору всех каналов измерительным трактом.

Загрузка ЗУ ЦАП и чтение ЗУ АЦП может осуществляться в двух режимах — ручном и программном:

В ручном режиме данные о номере канала и о значении напряжения уставки заносятся с передней панели клавишными пере-

ключателями в двоично-десятичном виде. Для согласования с двоичным представлением данных, необходимым для ЦАП, в схему включен преобразователь формата. Таким образом, при занесении данных с передней панели, сначала осуществляется их преобразование, а затем запись в ячейку памяти ЗУ ЦАП с адресом, равным номеру канала на переключателе. Запись в ЗУ производится только на 29-32 интервалах цикла, что исключает влияние сигналов с передней панели на работу аналогового узла.

В блоке предусмотрена индикация напряжения на выходе выбранного канала источника. Данные о значении выходного напряжения из ЗУ АЦП поступают на схему индикации через преобразователь формата. Следует заметить, что индицируется текущее значение выходного напряжения канала, так как после очередного измерения данные обновляются.

В программном режиме загрузка значений напряжений уставки и контроль за текущими значениями выходных напряжений осуществляются при помощи ЭВМ через последовательную линию связи. Обмен данными между ЗУ ЦАП, ЗУ АЦП и ЭВМ производится через регистр ввода/вывода. Регистр ввода/вывода работает в двух режимах — параллельная запись и сдвиг данных:

Параллельная запись соответствует обмену информацией с ЗУ АЦП.

Режим сдвига данных соответствует обмену информацией с ЭВМ.

Тип выполняемой операции и партнер по обмену данными определяется содержимым регистра ввода/вывода, структура информационного слова которого имеет вид:

[номер канала]	[код операции]	[информация]
4 бита	2 бита	10 бит

Четыре старших разряда определяют адрес ячейки памяти ЗУ ЦАП или ЗУ АЦП, разряды кода операции определяют тип ЗУ и вид операции — запись/чтение:

- 00 — чтение ЗУ АЦП
- 01 — не используется
- 10 — чтение ЗУ ЦАП
- 11 — запись в ЗУ ЦАП.

Десять младших разрядов содержат информацию о величине напряжения уставки (режим запись в ЗУ ЦАП) или код записанный в указанной ячейке ЗУ ЦАП/АЦП (режимы чтение ЗУ ЦАП/АЦП).

Операции обмена данными между ЗУ и регистром ввода/вывода осуществляются при выполнении 29-32 временных интервала только в том случае, если перед ними было обращение от ЭВМ.

Работой всех описанных узлов управляет микропрограммный автомат построенный на ПЗУ K55БРТ5. Его принципиальная схема приведена на рис.5.

Автомат вырабатывает сигналы управления для ЗУ ЦАП и ЗУ АЦП, аналогового мультиплексора, коммутаторов, АЦП и регистра ввода/вывода. В том случае, если не было обращения с передней панели (сигнал ЗПП) или от ЭВМ (сигнал ЭВМ), на временных интервалах с 29 по 32 формируется пустая операция. В противном случае, на 29 интервале осуществляется условный переход на выполнение затребованной входами ЭПП, ЭВМ, ЦАП/АЦП и запись/чтение операции. Для её выполнения выделены интервалы 30 и 31. На интервале 32 осуществляется возврат к выполнению основного цикла.

Элементы Д1, Д2 и Д3 служат для задания начальных условий во время цикла обнуления ЗУ ЦАП при включении питания.

СВЯЗНОЙ МОДУЛЬ

Связной модуль предназначен для выполнения операции обмена данными между регистром ввода/вывода блока управления и магистралью КАМАК.

Обмен информацией между блоками управления и связи осуществляется через двухпроводную последовательную линию связи, обеспечивающую гальваническую развязку устройств обмена и независимость их территориального расположения.

Связной модуль, подобно блоку управления, содержит регистр ввода/вывода, работающий как в режиме параллельной записи, так и в режиме сдвига данных.

В режиме параллельной записи регистра ввода/вывода производится обмен данными с магистралью КАМАК и формируется ну-

жная структура информационного слова для обмена по линии связи. В этом режиме модуль выполняет команды:

N A(K) F 0 - считывание одного слова из ЗУ АЦП по адресу К,

N A(K) F 1 - считывание одного слова из ЗУ ЦАП по адресу К,

N A(K) F 17 - запись напряжения уставки в ЗУ ЦАП по адресу К,

где К - соответствует номеру выбранного канала.

После выполнения любого из указанных КАМАК-циклов блок связи осуществляет обмен данными с блоком управления, чему соответствует сдвиговый режим работы регистров ввода-вывода. Следует отметить, что при выполнении команд чтения необходимо два обращения по линии связи, что обусловлено асинхронной работой абонентов. Первое обращение служит для указания источника информации, т.е. ЗУ ЦАП или ЗУ АЦП с соответствующим адресом, и выполнения межблочного обмена. Во втором обращении выполнится цикл обмена с магистралью КАМАК.

Структура информационного слова имеет вид:

[канал]	[ЦАП/АЦП]	[запись/чтение]	[данные]	
4	1	1	10	бит

Для сброса элементов блока связи с исходное состояние используется команда .

Первичные источники питания не имеют особенностей, поэтому их рассмотрение не является целесообразным.

Авторы считают своим долгом поблагодарить Вьюгова Г.И. и Скорюпина А.А. за помощь, оказанную при изготовлении опытного образца.

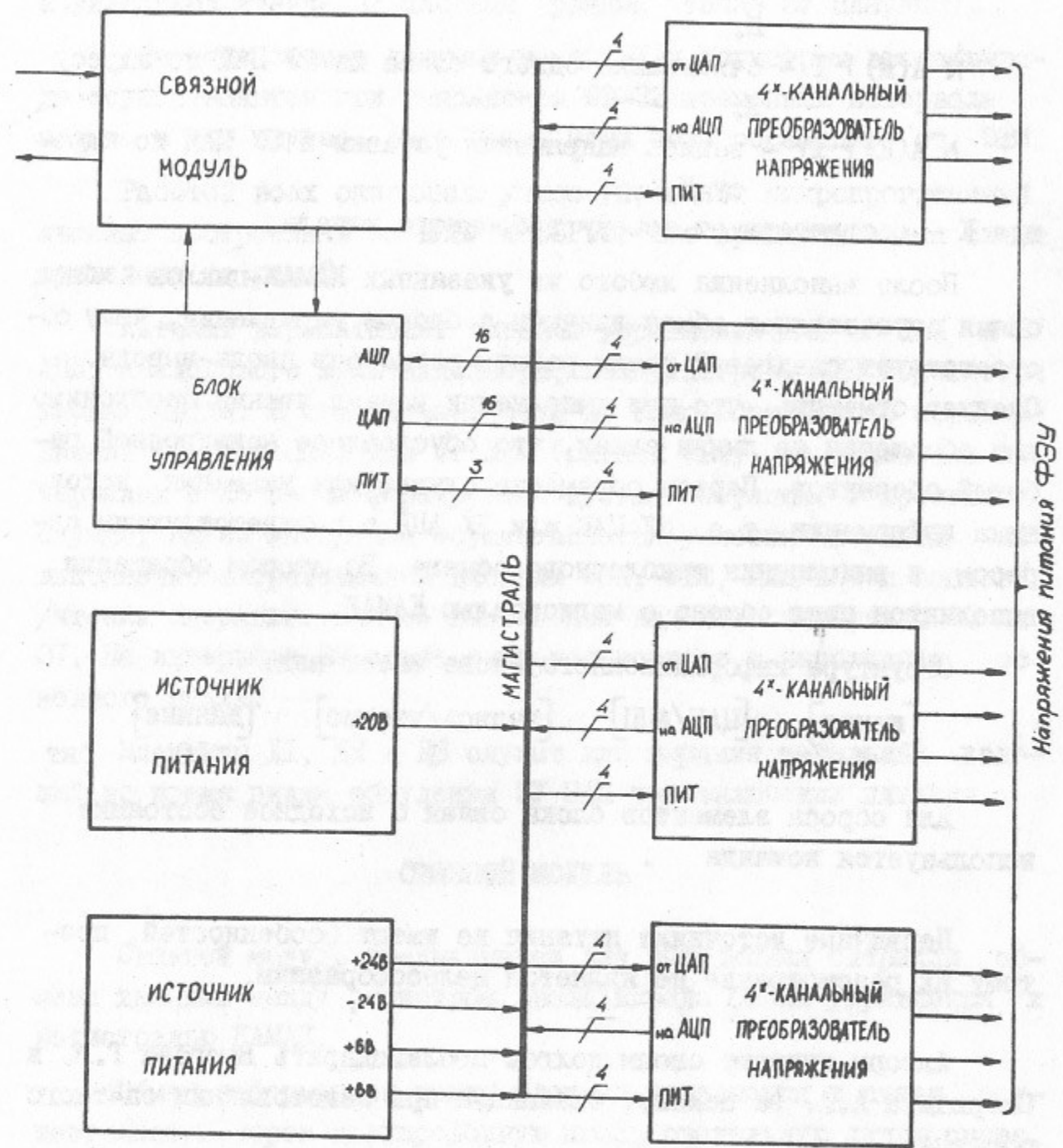
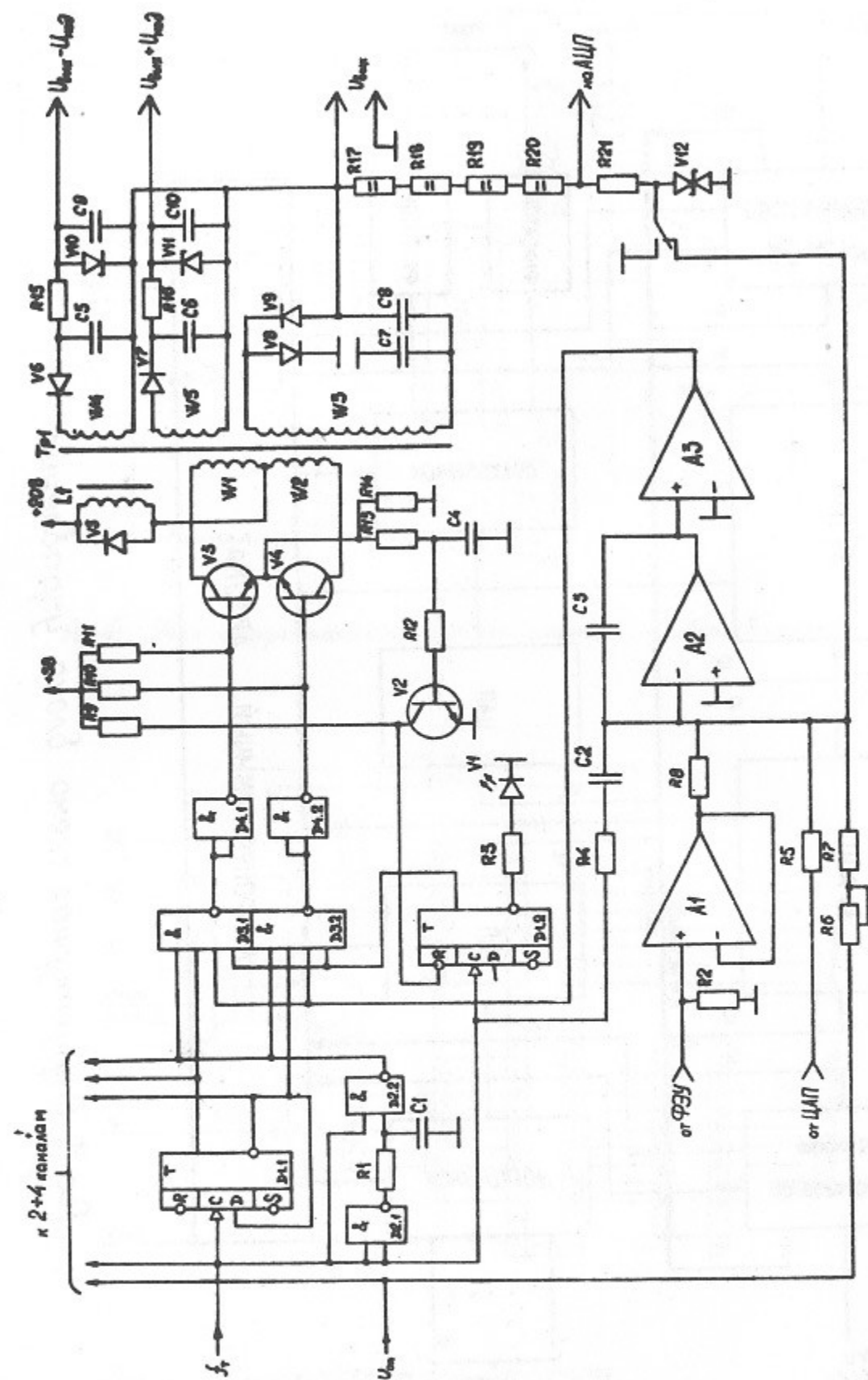


Рис.1. Структурная схема высоковольтного источника питания



А1, А2 - 140УД8 А3 - 521СА3 В1 - АИ507 В2 - КТ315 В3, В4 - КТ829 В5 - КД215 В6, В7 - КД104 В8, В9 - КД105 В10 - КС533 В12 - КС162

Рис.2. Преобразователь напряжения

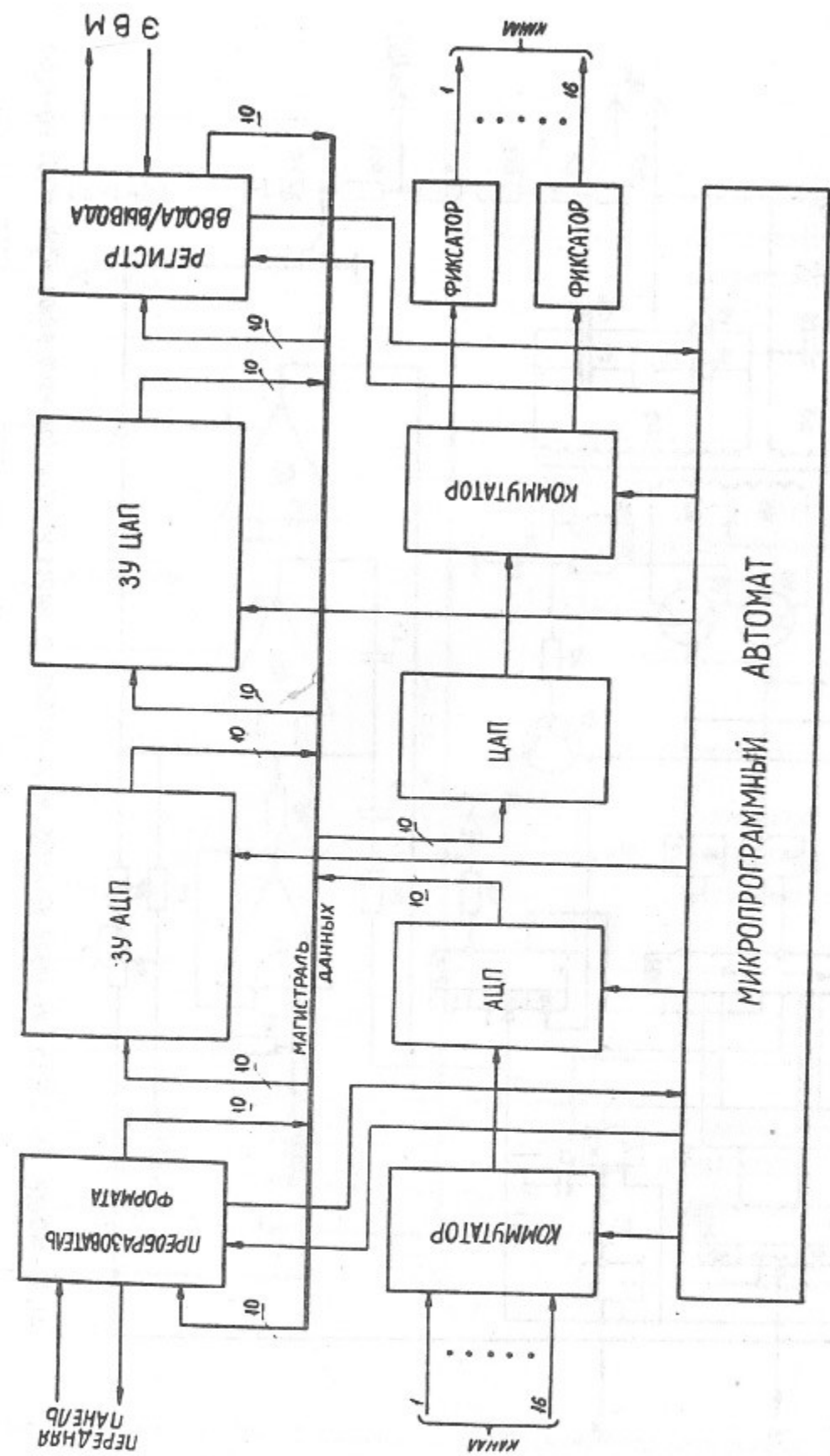


Рис.3. Структурная схема блока управления

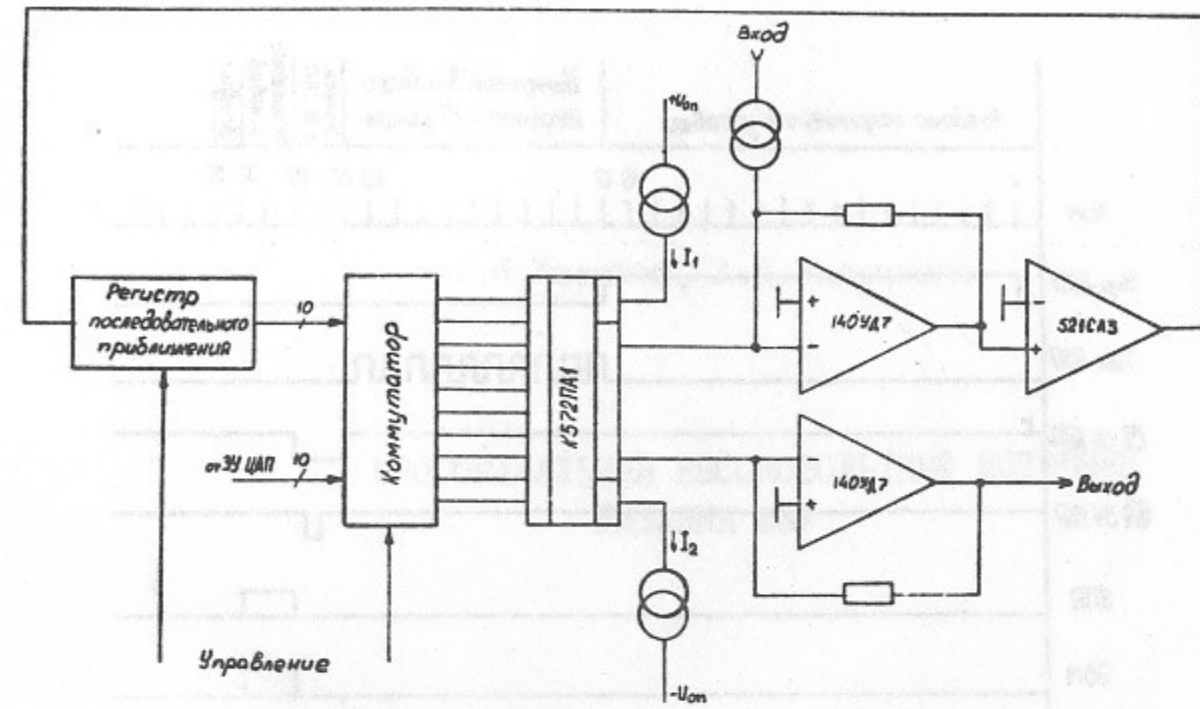


Рис.4. Узел цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразователей

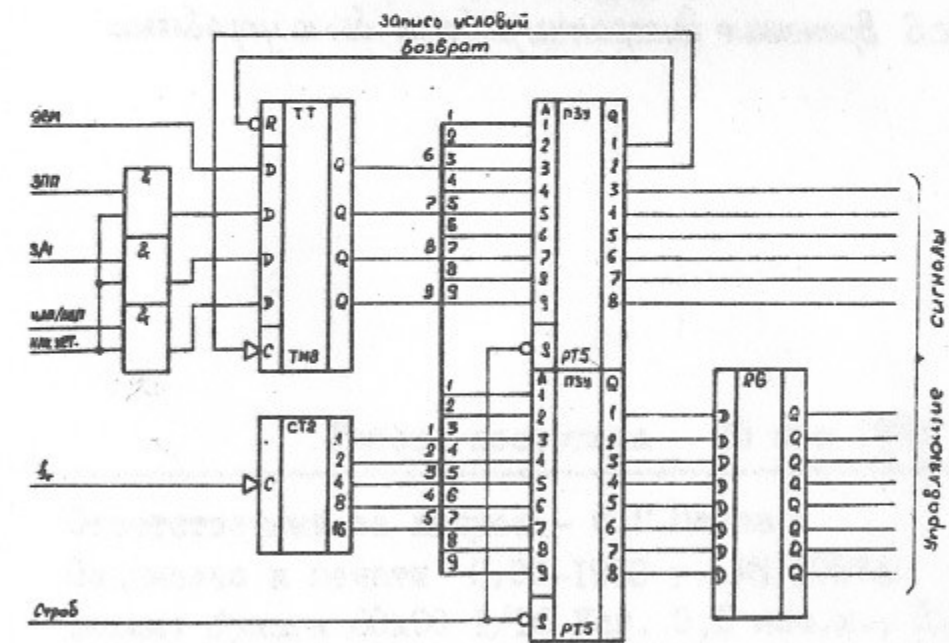


Рис.5. Микропрограммный автомат

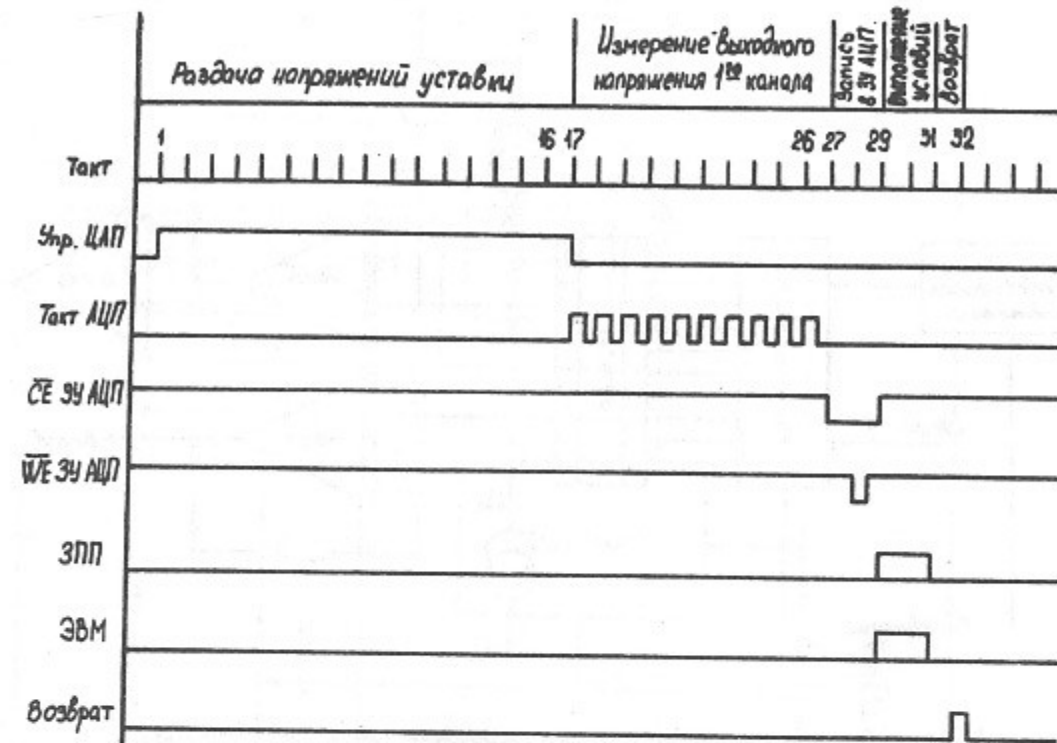


Рис.6. Временные диаграммы работы блока управления

А.Н.Квашнин, А.Д.Хильченко

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСТОЧНИК
ПИТАНИЯ ФЭУ

Препринт
№ 83- 60

Работа поступила - 25 мая 1983 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов
 Подписано к печати 2.06-1983 г. МН 17574
 Формат бумаги 60x90 1/16 Усл. 0,8 печ.л., 0,6 учетно-изд.л.
 Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 60.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90