

УСТРОЙСТВО РЕНТГЕНОВСКОЕ ПИТАЮЩЕЕ ІЕС-F3

Техническое описание

ТУ УЗ-46-25461966-003-99

г. Харьков, 1999 г

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение изделия	3
2. Состав изделия	4
3 Технические данные	5
4 Устройство и принцип работы	7
5 Синхронизация внешних устройств	9
6 Общая электрическая схема устройства	15
7 Микропроцессорная система контроля и управления	17
7.1 Магистраль крейта системы управления	17
7.2 Контроллер крейта СМ03	19
7.3 Модуль оперативной энергонезависимой памяти ЕМ03	21
7.4 Модуль аналого-цифрового преобразователя ДМ02	24
8 Система вращения анода	27
8.1 Модуль управления вращением анода РМ02	27
8.2 Силовой блок системы вращения анода РВ03	30
9 Система управления накалом катода	32
9.1 Модуль контроля накала ТМ02	32
9.2 Блок регулятора тока накала ТВ03	34
10 Главная цепь	36
10.1 Принцип регулирования высокого напряжения	36
10.2 Модуль управления высоким напряжением VM03	36
10.3 Блок контроля главной цепи VB01	39
10.4 Модуль цифро-аналогового преобразователя FM02	40
10.5 Блок широтно-импульсного регулятора VC34	42
11 Система внешних соединений	44
12 Система электропитания устройства	45
12.1 Блок питания РВ02	45
12.2 Фильтр сетевой	45
13 Система командного управления	46
13.1 Пульт управления	46
14 Блок управления кабиной	52
15 Высоковольтное генераторное устройство	56

1 Назначение изделия

Устройство питающее рентгеновское ИЕС–F3 (далее УПР или устройство) предназначено для питания рентгеновских трубок в составе пленочных и цифровых рентгенодиагностических аппаратов.

Устройство ИЕС–F3 является однофазным двухполупериодным питающим устройством с низкочастотным повышающим трансформатором, обеспечивает стабилизацию анодного напряжения методом высокочастотной регулировки напряжения на повышающем трансформаторе. Имеет микропроцессорную систему управления.

2 Состав изделия

Устройство питающее рентгеновское ИЕС-F3 состоит из силового блока (ААОЗ 003.80.00.00), высоковольтного генераторного устройства (БДП.296.048), пульта управления (ААОЗ 003.90.00.00), а также блока управления механическими приводами кабины (ААОЗ 003.01.10.00). В комплект поставки входят также кабели соединительные в соответствии с формуляром.

В состав питающего устройства входит несколько функциональных систем, принципы построения и работа которых рассмотрены в последующих разделах настоящего технического описания. Основными из них являются:

- система микропроцессорного контроля и управления;
- система вращения анода рентгеновской трубки;
- система управления накалом катода рентгеновской трубки;
- система контроля главной цепи;
- система электропитания;
- система командного управления.

Крейтовая организация системы управления позволяет конфигурировать состав питающего устройства в зависимости от типа и конструкции рентгенодиагностического аппарата, а также предусматривает дальнейшее усовершенствование и развитие УПР без изменения принципов работы и конструкции отдельных функциональных узлов.

3 Технические данные

3.1 Требования к сети

3.1.1 Питание осуществляется от трехфазной сети общего назначения номинальным напряжением 220/380 В (действующее значение напряжения) с допустимым отклонением, не связанным с работой аппарата, не более $\pm 10\%$ при частоте 50 ± 1 Гц. Устройство может работать с сетями, сопротивление которых не превышает 0,8 Ом.

3.1.2 Допускается питание устройства от однофазной сети с номинальным напряжением 220 В и допустимым отклонением, не связанным с работой аппарата, не более $\pm 10\%$ при частоте 50 ± 1 Гц.

3.1.3 Наибольшая потребляемая мощность (кратковременно) по фазе подключения главной цепи не более 15 кВ·А.

3.2 Напряжение и ток трубки

3.2.1 Напряжение и ток рентгеновской трубки представляют собой последовательность трапецеидальных импульсов длительностью 10 мс (длительность полупериода частоты промышленной сети) с плоской вершиной. Из-за собственных резонансов высоковольтного трансформатора на вершине импульсов могут наблюдаться затухающие колебания на частотах ниже 1 кГц с амплитудой до 10 % амплитуды импульса.

3.2.2 Значения напряжения и тока, устанавливаемые на пульте управления, соответствуют амплитудному значению напряжения и тока в импульсе, измеренном по среднему уровню затухающих гармонических колебаний на вершине импульса (см. рис. 1).

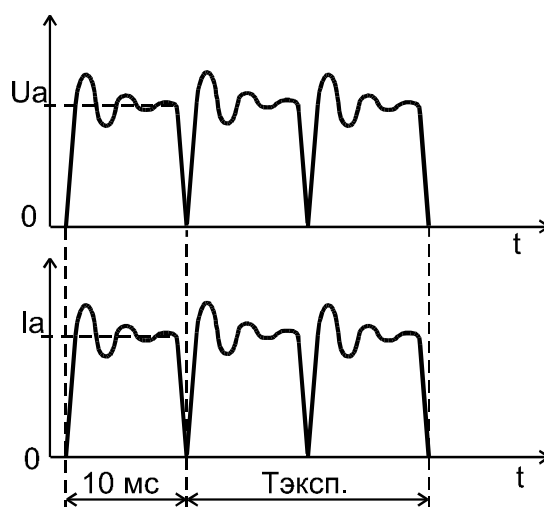


Рис. 1 – Осциллограммы тока и напряжения рентгеновской трубки в процессе снимка

U_a , I_a – амплитудные значения тока и напряжения, устанавливаемые на пульте управления

3.2.1 Напряжение на аноде рентгеновской трубки при выполнении снимков может устанавливаться с дискретностью в 1 кВ в диапазоне от 40 до 120 кВ.

3.2.2 Погрешность отслеживания установленного амплитудного значения высокого напряжения в процессе выполнения снимка после калибровки устройства не превышает $\pm 5\%$.

3.2.3 Анодный ток рентгеновской трубки при снимке устанавливается с дискретностью 1 мА в диапазоне 30..100 мА.

3.2.4 Погрешность отслеживания установленного амплитудного значения тока в процессе выполнения снимка после калибровки устройства не превышает $\pm 10\%$.

3.2.5. Из-за импульсного режима питания рентгеновской трубки экспозиционная доза излучения меньше дозы, полученной при аналогичных параметрах экспозиции на питающих устройствах непрерывного действия. Примерная таблица соответствия экспозиционных доз приведена в виде табл. 1.

3.3 Рентгеновская трубка

3.3.1 Питающее устройство предназначено для использования с рентгеновской трубкой типа 20-50БД29-150, работающей на малом фокусе с размером фокусного пятна 1×1 мм.

3.4 Реле экспозиции

3.4.1 Устройство снабжено регулятором времени экспозиции, обеспечивающим изменение длительности снимка от 0,01 до 2,5 с при дискретности установки 0,01 с и соответствующей ей точности выполнения.

3.4.2 Реальное время существования рентгеновского излучения меньше установленного времени экспозиции в силу импульсного режима работы трубки. Коэффициенты пересчета для оценки реального времени экспозиции приведены в табл. 1.

3.4.3 При применении питающего устройства в флюорографах с цифровым приемником изображения возможно ограничение максимальной длительности снимка на любом значении из рабочего диапазона.

3.5 Режим работы и управление

3.5.1 УПФ может работать на любых значениях анодного напряжения, тока и времени экспозиции из рабочего диапазона при длительности перерыва между снимками в соответствии с паспортом применяемой рентгеновской трубки.

3.5.2 Устройство предусматривает режим управления снимком с помощью внешних синхросигналов для использования совместно с цифровыми приемниками рентгеновского изображения.

3.5.3 Устройство позволяет выполнять снимки с использованием внешнего фотоэкспонетра.

3.5.4 Управление питающим устройством осуществляется посредством команд, передаваемых по линии последовательной связи в соответствии со стандартом RS232 при скорости обмена 2400 бод.

4 Устройство и принцип работы

Принцип работы устройства основан на ограничении синусоидального напряжения питающей сети, подаваемого на первичную обмотку высоковольтного трансформатора. Уровень ограничения выбирается таким образом, чтобы после повышения и выпрямления напряжения трансформаторно-выпрямительным блоком (далее ТВБ) к анодной трубке прикладывалась необходимая разность потенциалов в соответствии с установленными параметрами снимка.

Т. е. по своей сути УПФ является низкочастотным однофазным двухполупериодным питающим устройством, что дает возможность применять его для модернизации флюорографов типа 12Ф7 и ему подобных с использованием имеющихся ТВБ и высоковольтных цепей.

Ограничения синусоидального напряжения осуществляется с помощью широтно-импульсного транзисторного регулятора, включенного последовательно с первичной обмоткой высоковольтного трансформатора (рис. 2). Управление регулятором производится с помощью следящей обратной связи. Сигнал рассогласования формируется путем сравнения напряжения на контрольном отводе ТВБ с уровнем опорного напряжения. Таким образом транзисторы широтно-импульсного регулятора полностью открыты в те моменты времени, когда мгновенное напряжение питающей сети меньше уровня опорного, и призакрываются, переходя в режим активного регулирования мощности тогда, когда напряжение в сети превышает уровень опорного.

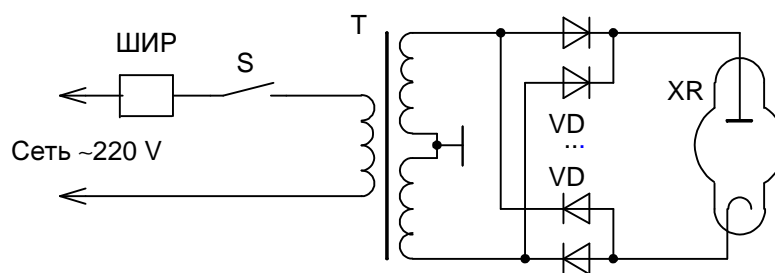


Рисунок 2 – Упрощенная электрическая схема главной цепи
ШИП — широтно-импульсный регулятор; S — выключатель высокого напряжения; Т — высоковольтный трансформатор; VD1...VD4 — выпрямительные диоды; XR — рентгеновская трубка.

Требуемые параметры снимка устанавливаются оператором на пульте управления и по линии последовательной связи передаются на центральный процессор системы управления. Получив необходимую информацию о параметрах предстоящего снимка, микропроцессор устанавливает требуемый уровень опорного напряжения для работы широтно-импульсного регулятора и начинает процесс подготовки снимка.

В режиме подготовки снимка активизируются и контролируются процессы раскручивания анода рентгеновской трубки, разогрева катода, закрытия дверей флюорографической кабины и т. п. После завершения подготовительных процессов выполняется сам снимок, во время которого сформированное напряжение прикладывается к первичной обмотке высоковольтного трансформатора. Коммутация напряжения осуществляется оптотиристорами.

Регулировка анодного тока производится путем изменения электронной эмиссии катода рентгеновской трубки, которая в свою очередь зависит от температуры катода. Перед началом экспозиции микропроцессор системы управления выполняет предварительный расчет необходимого тока накала на основе калибровочных характеристик, хранящихся в

памяти устройства. При расчете тока накала учитывается амплитуда анодного напряжения и величина анодного тока, которые должны быть достигнуты при выполнении снимка.

Во время выполнения снимка микропроцессор контролирует напряжение и ток рентгеновской трубки, а также отслеживает возникновение аварийных ситуаций.

Принципы управления питающим устройством и порядок подготовки и выполнения снимков подробно описаны в инструкции по эксплуатации УПФ.

5 Синхронизация внешних устройств

Для подключения рентгеновского фотоэкспонетра, цифровых приемников рентгеновского изображения и других приборов в питающем устройстве предусмотрен разъем синхронизации внешних устройств, на контактах которого формируются сигналы синхронизации, отображающие протекание процессов подготовки и выполнения снимков. Разъем также имеет входы для внешнего аппаратного управления процессом снимка.

Программой предусмотрено три основных режима синхронизации снимка.

5.1 Режим автономной работы питающего устройства: применяется при выполнении снимков на фотопленку в кассете. Режим характерен тем, что включение процессов подготовки снимка осуществляется по нажатию первого упора кнопки дистанционного выполнения снимка, а экспозиция начинается непосредственно после нажатия второго упора кнопки со случайной задержкой 0...10 мс. Наличие этой задержки обусловлено привязкой момента открытия тиристора к переходу через ноль питающего напряжения. Выполнение снимка сопровождается генерацией соответствующих сигналов, временная зависимость которых показана на рис. 3, а состояние сигналов внешнего управления в этом режиме игнорируется.

5.2 Режим синхронизации цифрового приемника рентгеновского (далее ЦПР) отличается от предыдущего тем, что по нажатию второго упора кнопки дистанционного выполнения снимка на цифровой приемник передается сигнал готовности к включению высокого напряжения REX (ready exposition), а само включение высокого напряжения происходит после подачи внешнего сигнала управления ON-HV. Выключение экспозиции в этом режиме происходит по таймеру или по снятию сигнала ON-HV. Для перевода питающего устройства в данный режим синхронизации необходимо в файле конфигурации установить в единицу соответствующий бит управления. Временные диаграммы, характеризующие работу этого режима, показаны на рис. 4.

5.3 Режим работы с экспонетром дополняет предыдущие два режима возможностью преждевременного выключения высокого напряжения по сигналу фотоэкспонетра. Включение данного режима выполняется программно через файл конфигурации, а логика работы устройства и временные диаграммы показаны на рис. 4 е).

5.4 Перечень сигналов приведенных на эпюрах:

Упор 1	- первый упор кнопки дистанционного включения
Упор 2	- второй упор кнопки дистанционного включения
«Снимок»	- кнопка на пульте управления
«Отмена»	- кнопка на пульте управления
«PREP»	- состояние индикатора подготовки на пульте управления
«READY»	- состояние индикатора готовности к снимку на пульте управления
«X-RAY»	- состояние индикатора включения высокого напряжения
ON PREP	- команда включения режима подготовки
OFF PREP	- команда выключения режима подготовки
ON EXP	- команда выполнения экспозиции
OFF EXP	- команда прерывания экспозиции
PREP	- сигнал включенного режима подготовки
REX	- сигнал готовности системы к снимку
QS1	- внешний сигнал синхронизации
ON-HV	- сигнал разрешения экспозиции при синхронизации по ЦП
QRD	- сигнал завершения экспозиции по экспонетру или сигнал готовности ЦПР
EXP-ON	- сигнал включения высокого напряжения
HV	- сигнал наличия высокого напряжения на выходе высоковольтного генератора.

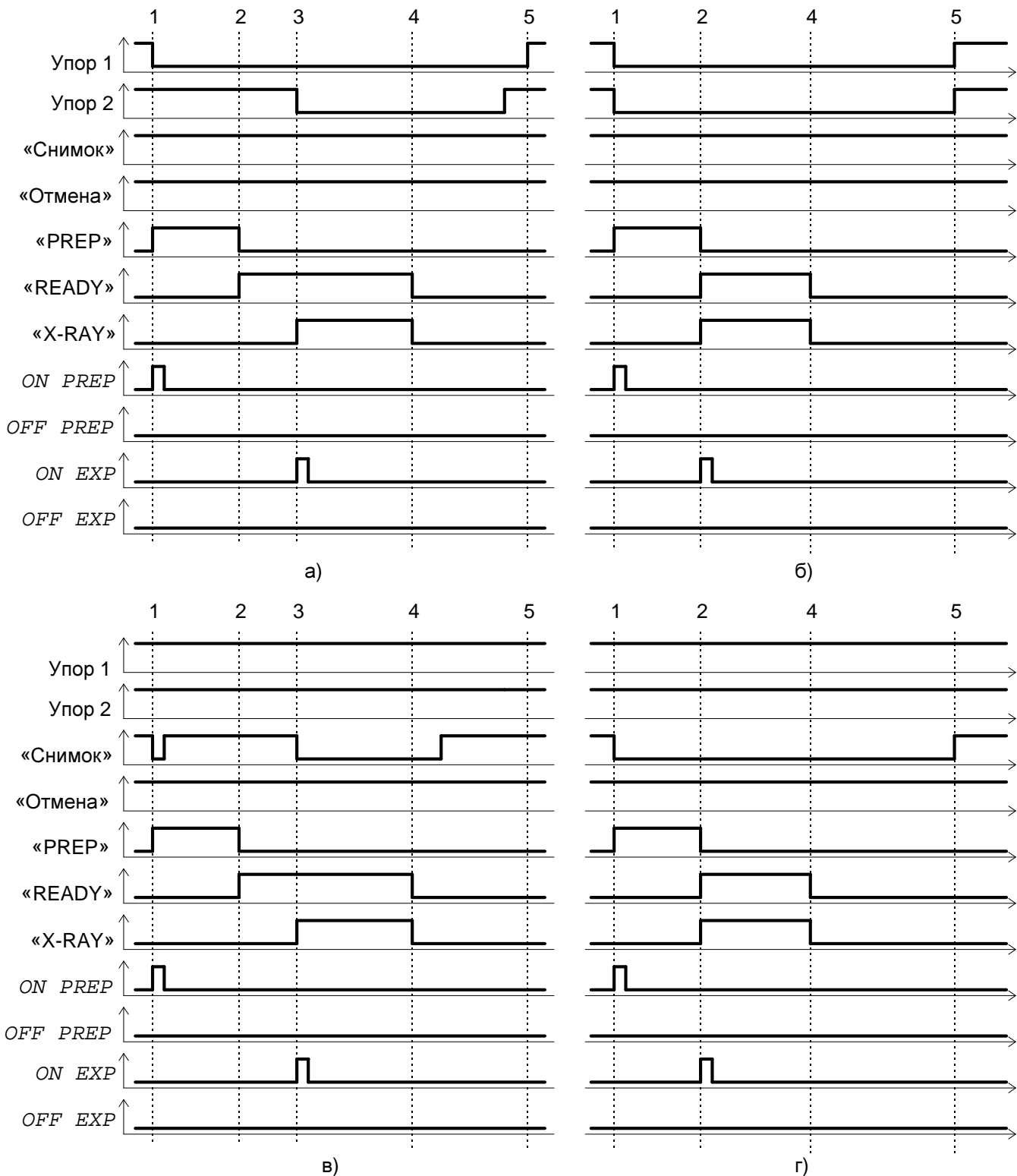


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

а) выполнение снимка при последовательном нажатии 1 и 2 упоров кнопки дистанционного выполнения снимка (КДВС); **б)** выполнение снимка при одновременном нажатии 1 и 2 упоров КДВС; **в)** выполнение снимка при последовательном двукратном нажатии клавиши «Снимок»; **г)** выполнение экспозиции при удержании клавиши «Снимок».

Сечения по времени: **1)** включение режима подготовки; **2)** переход в состояние готовности; **3)** разрешение экспозиции; **4)** окончание экспозиции по таймеру; **5)** переход в исходное состояние.

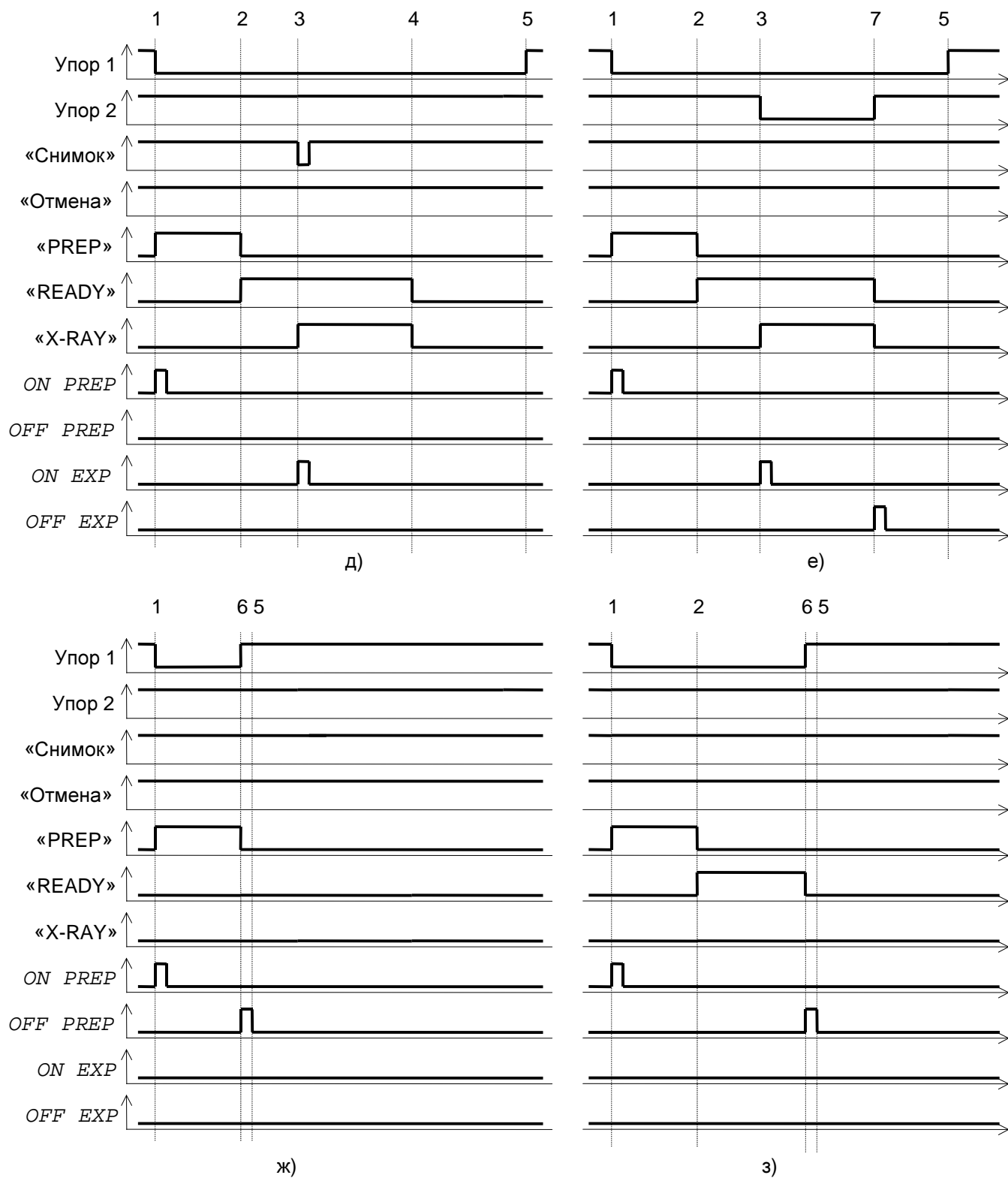


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

д) выполнение снимка при последовательном нажатии 1 упора КДВС и клавиши «Снимок»;

е) прерывание экспозиции по отпусканию 2 упора; **ж)** отказ от режима подготовки по отпусканию 1 упора КДВС; **з)** отказ от снимка в состоянии готовности по отпусканию 1 упора КДВС.

Сечения по времени: **1)** включение режима подготовки; **2)** переход в состояние готовности; **3)** разрешение экспозиции; **4)** окончание экспозиции по таймеру; **5)** переход в исходное состояние; **6)** выключение режима подготовки; **7)** запрет экспозиции.

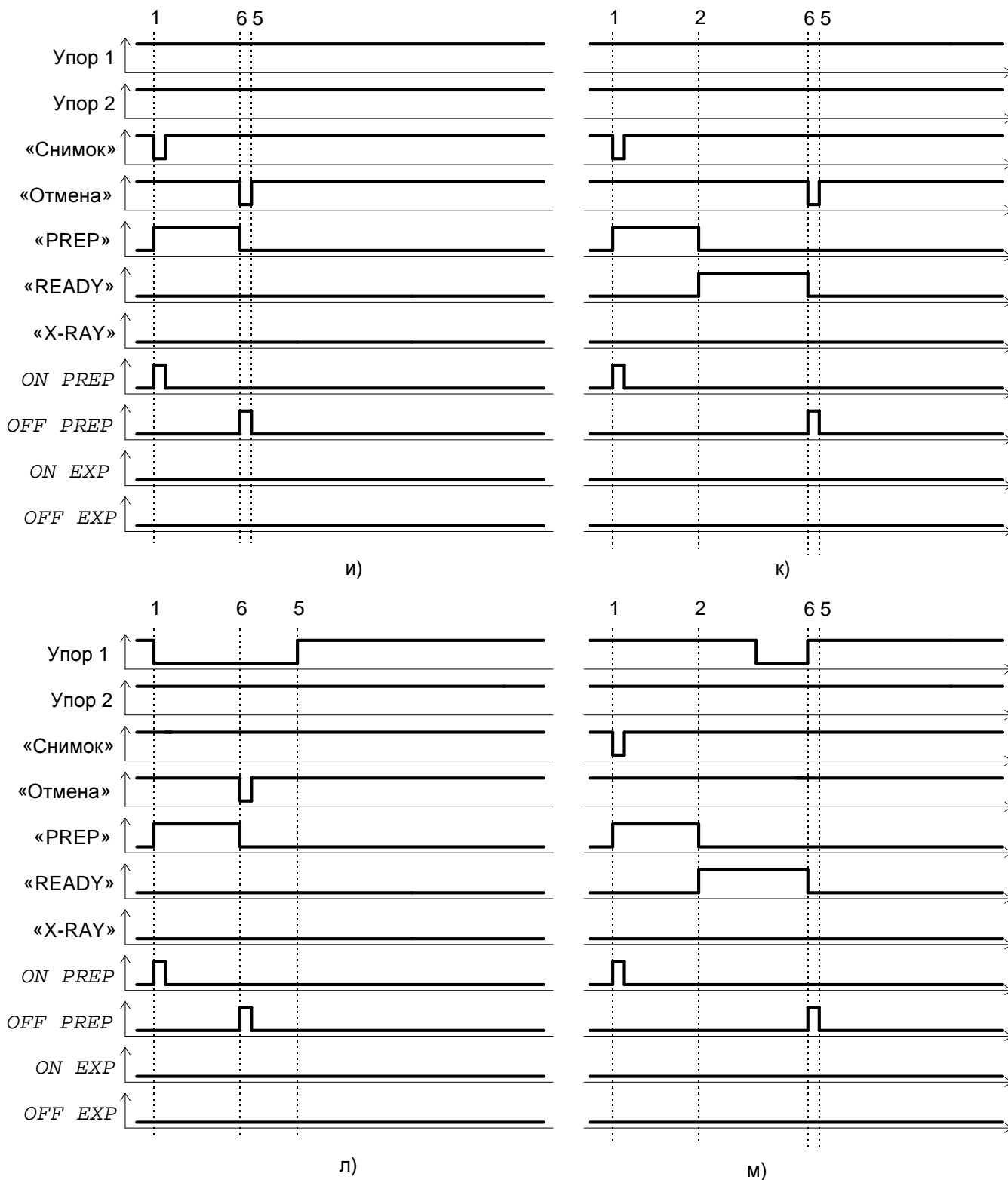


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

и) отказ от режима подготовки клавишей «Отмена»; **к)** отказ от снимка в состоянии готовности клавишей «Отмена»; **л)** отказ от режима подготовки клавишей «Отмена»; **м)** отказ от режима снимка по отпусанию 1 упора КДВС.

Сечения по времени: **1)** включение режима подготовки; **2)** переход в состояние готовности; **5)** переход в исходное состояние; **6)** выключение режима подготовки.

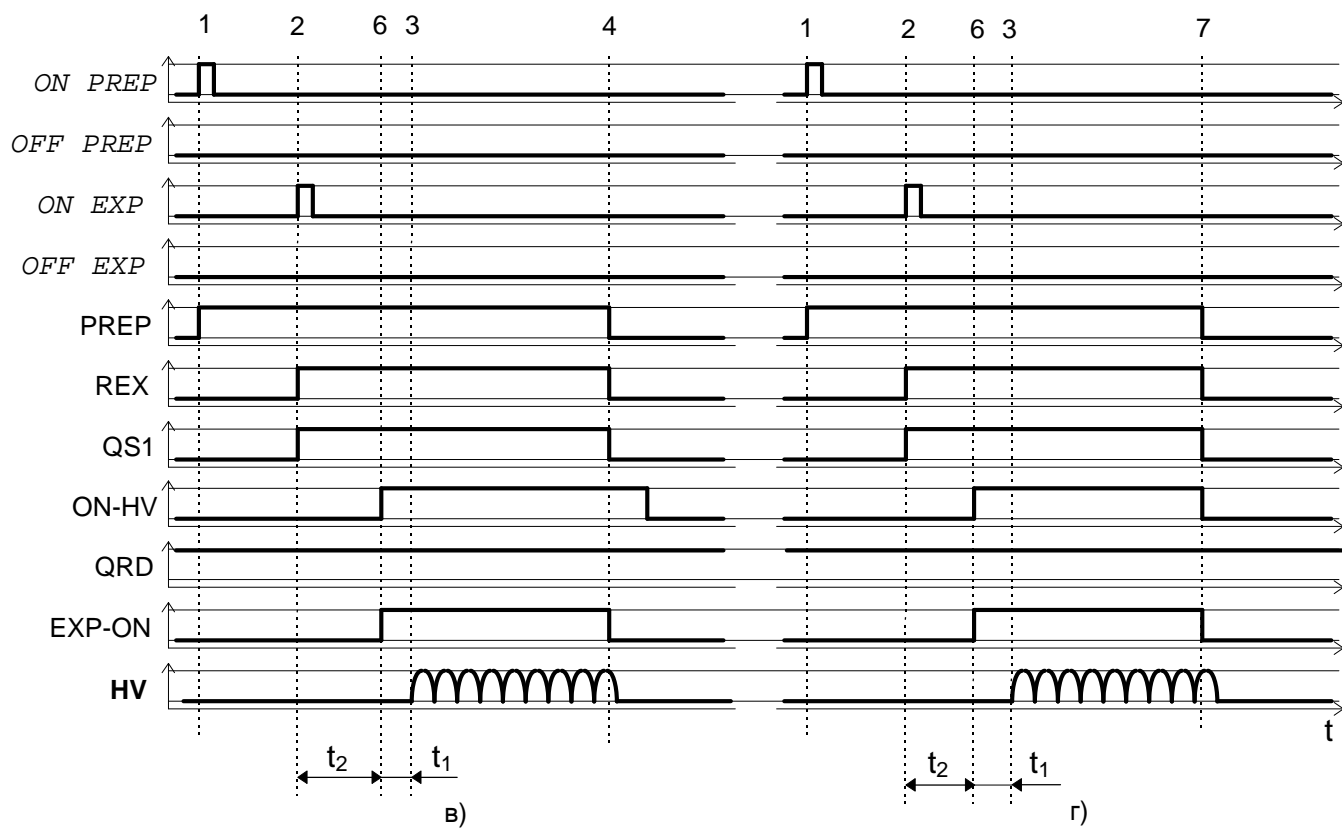
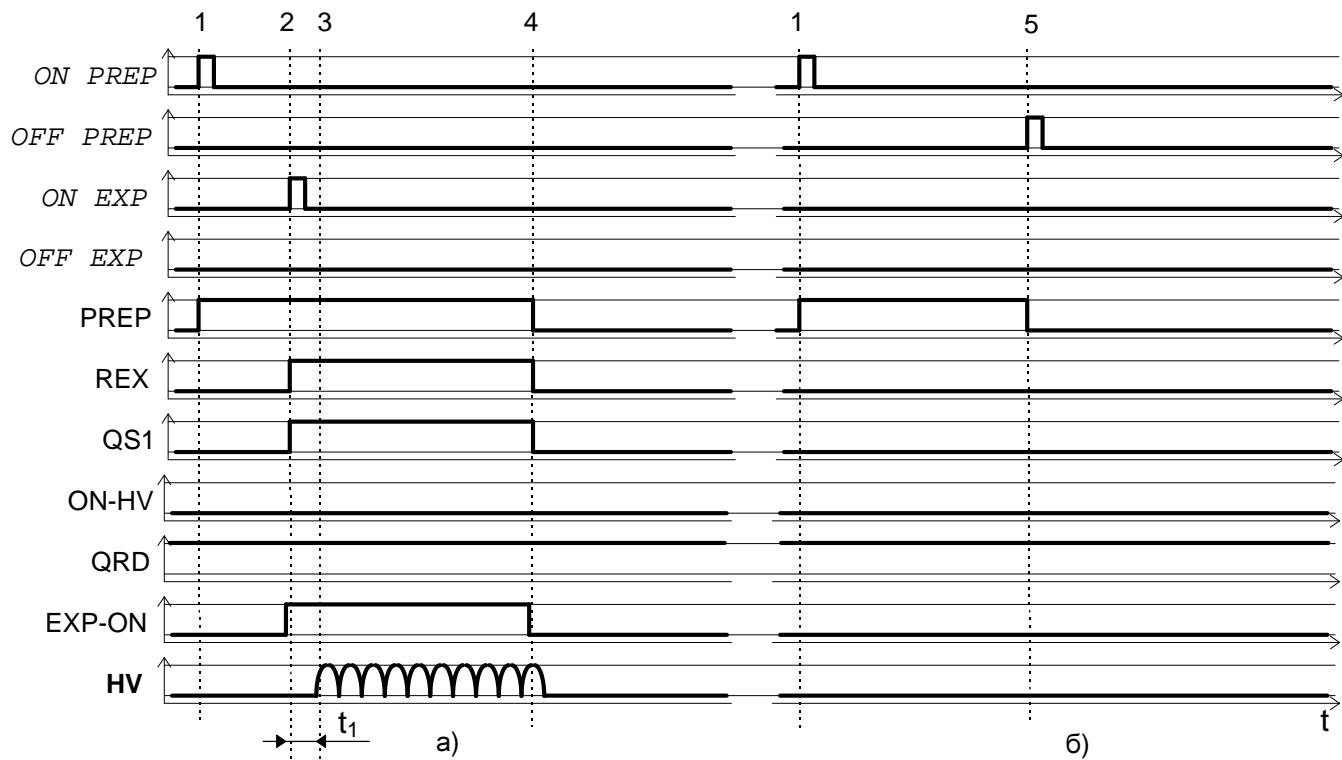


Рис. 4 - Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

а) выполнение снимка в автономном режиме; **б)** отказ от снимка в автономном режиме; **в)** выполнение снимка с синхронизацией цифрового приемника; **г)** прерывание экспозиции по выключению сигнала ON-HV.

Сечения по времени: **1)** команда «Включить подготовку снимка»; **2)** команда «Выполнить снимок»; **3)** включение высокого напряжения; **4)** окончание снимка по таймеру; **5)** команда «Отменить подготовку снимка»; **6)** разрешение экспозиции по сигналу внешней синхронизации ON-HV; **7)** окончание экспозиции по выключению сигнала внешней синхронизации.

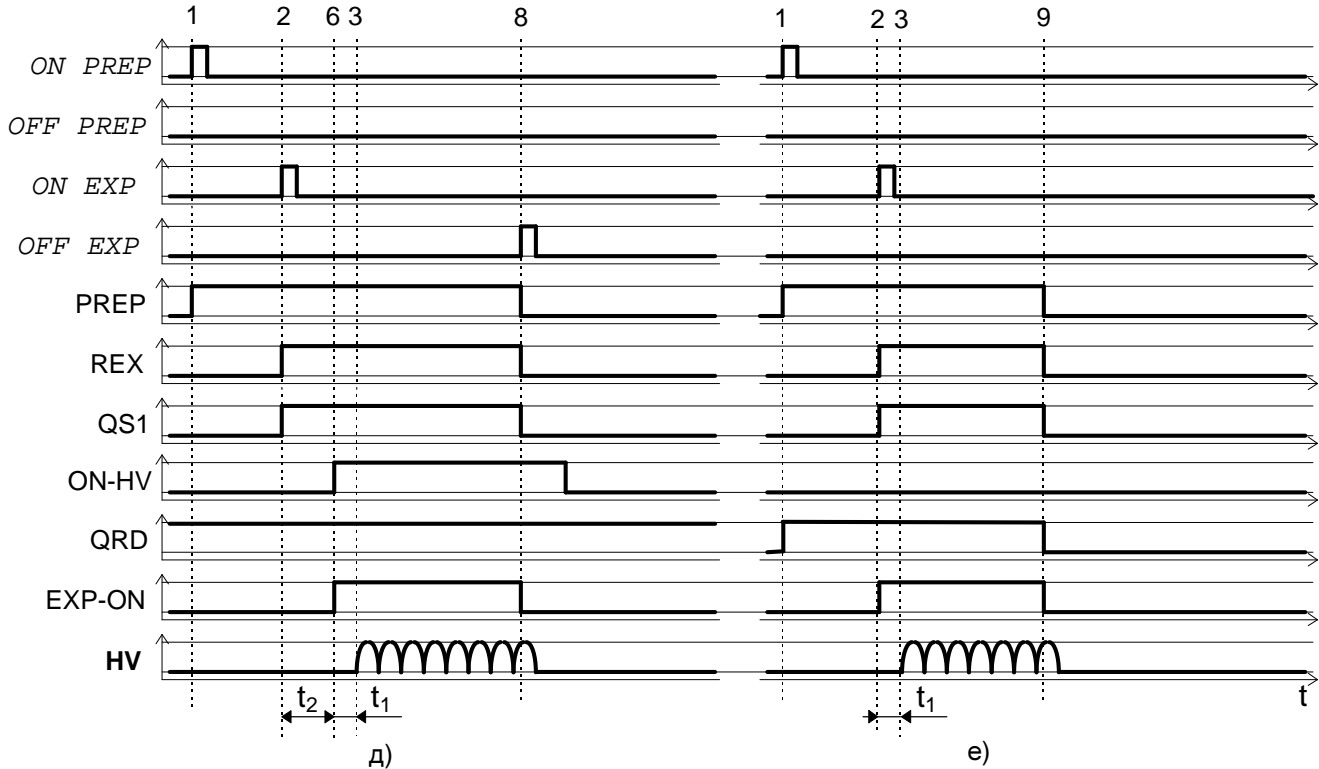


Рис. 4 - Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

д) прерывание экспозиции по команде в режиме синхронизации по цифровому приемнику; **е)** прерывание экспозиции по сигналу экспонометра.

Сечения по времени: **1)** команда «Включить подготовку снимка»; **2)** команда «Выполнить снимок»; **3)** включение высокого напряжения; **6)** разрешение экспозиции по сигналу внешней синхронизации ON-HV; **8)** окончание экспозиции по команде «Прервать экспозицию»; **9)** окончание экспозиции по сигналу экспонометра; t_1 – время подготовки к захвату видеобразия; t_2 – случайное время задержки открытия тиристора (0..10 мс).

6 Общая электрическая схема устройства

Общая электрическая схема устройства приведена на рис.3 альбома схем.

Напряжение питания 220 В / 50 Гц подается на контактную планку К1 (контакты 1..4), а с него поступает на электромагнитный контактор КТ1. При командном включении с пульта управления контактор срабатывает и подает напряжение через предохранители FU2..FU7 на основные системы силового блока, а также на разъемы Х4 и Х7, через которые осуществляется электропитание цифрового приемника и кабины флюорографа.

Большинство модулей и блоков системы управления конструктивно расположены в крейте силового блока и имеют следующее назначение.

- Модуль СМ03 — контроллер крейта, осуществляет основные функции управления и контроля работы питающего устройства.
- Модуль ЕМ03 — модуль энергонезависимой памяти для хранения параметров настройки питающего устройства и результатов снимков.
- Модуль DM02 — многоканальный аналого-цифровой преобразователь, используется для измерения контрольных параметров системы.
- Модуль RM02 — модуль управления вращением анода рентгеновской трубки.
- Модуль ТМ0 — модуль управления и контроля накала катода рентгеновской трубки, используется для регулировки тока анода.
- Модуль VM04 — модуль управления главной цепью и контроля тока и напряжения рентгеновской трубки.
- Модуль FM02 — модуль управления высоким напряжением.
- Модуль НМ05 — модуль контроля внешних сигналов, предназначен для синхронизации внешних устройств и управления кабиной.
- Блок VB01 — блок контроля главной цепи флюорографа, содержит элементы силового управления и согласования сигналов.
- Блок PB03 — блок источников питания – 15 В, + 15 В и + 7,5 В, +12 В, предназначен для питания низковольтных силовых цепей всех систем устройства.
- Блок FB01 — сетевой фильтр.

За пределами крейта в корпусе силового блока расположены:

- Блок ТВ03 — регулятор тока накала катода рентгеновской трубки.
- Блок RB03 — силовой блок управления вращением анода рентгеновской трубки.
- Блок VC33 — блок коммутатора и широтно-импульсного регулятора напряжения.

Принудительное охлаждение силовых узлов производится вентиляторами В1 и В2. Для защиты главной цепи от короткого замыкания схема содержит плавкий предохранитель FU1 с номинальным током сгорания 63 А.

Кроме этого схема включает в себя пульт управления PU04 с выносной кнопкой дистанционного выполнения снимка, рентгеновский излучатель XRD, трансформаторно-выпрямительный блок VT и кабину флюорографическую.

Для управления питающим устройством предназначен микропроцессорный пульт (PU04), который подключается к силовому блоку через разъем Х1 с помощью кабеля KBL-1. По этому кабелю на пульт подается напряжение питания + 12 В, передается сигнал индикации включения высокого напряжения, а также осуществляется обмен информацией в последовательном коде.

При подготовке снимка на статор анода рентгеновской трубки подается напряжение разгона с помощью кабеля KBL-2 с разъема X2. По этому же кабелю передается сигнал шумового датчика DN для контроля вращения анода.

Разогрев катода трубки осуществляется от накального трансформатора, который расположен в корпусе трансформаторно-выпрямительного блока VT. Напряжение на накальный трансформатор подается с помощью кабеля KBL-3 через разъем X3. По этому же кабелю в силовой блок поступают сигналы обратной связи для контроля тока рентгеновской трубки и уровня высокого напряжения. Силовое питание ТВБ подводится по кабелю KBL-6 с контактов 5 и 6 контактной планки K1.

Флюорографическая кабина получает электропитание от силового блока с разъема X4 по кабелю KBL-4. Сигналы управления кабиной поступают по кабелю KBL-5 с разъема X5 на модуль AV02, который смонтирован непосредственно в кабине.

Более подробно принцип работы питающего устройства рассмотрен в следующих главах, описывающих работу отдельных функциональных систем.

7 Микропроцессорная система контроля и управления

Основу микропроцессорной системы контроля и управления составляет модуль контроллера крейта СМ03, построенный на базе однокристальной микроЭВМ серии МК51. Взаимодействие с другими модулями и блоками контроллер осуществляет через магистраль крейта, которая содержит несколько цифровых и аналоговых шин.

Для расширения объема оперативной памяти микроконтроллера до 64К (32К) служит модуль ЕМ03. Благодаря применению встроенного источника электропитания модуль также выполняет в системе функции длительного хранения информации (энергонезависимая память системы).

Обработка и преобразование в цифровой вид аналоговых сигналов выполняется модулем многоканального десятиразрядного аналого-цифрового преобразователя ДМ02.

Система обеспечивает постоянный контроль состояния питающего устройства на аппаратном и программном уровне, а также командное управление питающим устройством по линии последовательной связи от пульта или персонального компьютера.

7.1 Магистраль крейта системы управления

Все управляющие модули питающего устройства конструктивно расположены в крейте и электрически соединяются между собой с помощью магистрали. Магистраль представляет собой печатную плату с установленными на ней 62-контактными двухрядными разъемами планарного типа, контакты которых соответственно соединены между собой параллельными печатными проводниками.

По функциональному назначению проводники магистрали делятся на несколько групп — системных шин крейта.

Функциональное назначение проводников магистрали приведено в таблице 1, а более подробные электрические и временные характеристики сигналов даны в описании интерфейса ОМІ-16 (СП ИЭС 01 / 09.10.98).

Таблица 1 - Назначение контактов магистрального разъема крейта

Назначение контакта	№ контакта		Назначение контакта
аналоговый сигнал — AS1	A1	B1	AS2 — аналоговый сигнал
аналоговый сигнал — AS3	A2	B2	AS4 — аналоговый сигнал
аналоговая “земля” — GS1	A3	B3	GS2 — аналоговая “земля”
защитное заземление — G0	A4	B4	G0 — защитное заземление
адрес страницы — N4	A5	B5	N8 — адрес страницы
адрес страницы — N1	A6	B6	N2 — адрес страницы
шина адреса — A14	A7	B7	A15 — старший адрес
шина адреса — A12	A8	B8	A13 — шина адреса
шина адреса — A10	A9	B9	A11 — шина адреса
шина адреса — A8	A10	B10	A9 — шина адреса
шина адреса — A6	A11	B11	A7 — шина адреса
шина адреса — A4	A12	B12	A5 — шина адреса
шина адреса — A2	A13	B13	A3 — шина адреса
младший адрес — A0	A14	B14	A1 — шина адреса
сигнал чтения — RD	A15	B15	WR — сигнал записи
сигнал чтения — RP	A16	B16	RESET — сброс
шина команд — F4	A17	B17	F8 — шина команд
шина команд — F1	A18	B18	F2 — шина команд
шина данных — D6	A19	B19	D7 — шина данных
шина данных — D4	A20	B20	D5 — шина данных
шина данных — D2	A21	B21	D3 — шина данных
шина данных — D0	A22	B22	D1 — шина данных
запрос на обслуживание — L3	A23	B23	L4 — запрос на обслуживание
запрос на обслуживание — L1	A24	B24	L2 — запрос на обслуживание
линия блокировки — B3	A25	B25	B4 — линия блокировки
линия блокировки — B1	A26	B26	B2 — линия блокировки
резерв	A27	B27	Z0 — синхросигнал сети 100 Гц
+24 V	A28	B28	15 VS
-15 V	A29	B29	+15 V
+7,5 V	A30	B30	+7,5 V
цифровая “земля” — GND	A31	B31	GND — цифровая “земля”

7.2 Контроллер крейта СМ03

7.2.1 Назначение

Контроллер крейта СМ03 представляет собой микропроцессорный модуль, построенный на основе однокристальной микро-ЭВМ семейства МК51, и предназначен для контроля и управления крейтом интерфейса ОМІ-16ММ на аппаратном уровне. Контроллер может работать как в автономном режиме, так и под управлением внешней ЭВМ в составе измерительных комплексов, устройств автоматического управления и других системах.

7.2.2 Технические характеристики

Тактовая частота процессора, МГц	22.118
Нагрузочная способность магистральных усилителей:	
при уровне логической единицы, не менее, мА	2.0
при уровне логического нуля, не менее, мА	20
Длительность импульсов чтения и записи, не менее, нс	100
Потребляемый ток от источника +7.5 В, не более, мА	150
Конструктивное исполнение — одноместный модуль в крейте ОМІ-16ММ.	
Габаритные размеры, не более, мм	110×130×25
Шина данных — восьмиразрядная двунаправленная.	
Способ адресации — прямая адресация в пределах 16 адресных страниц объемом 64 К.	
Внешний обмен — через последовательный порт RS232.	

7.2.3 Устройство и принцип работы

Принципиальная электрическая схема контроллера приведена на рис. 4, рис.5 альбома схем. В состав контроллера входят:

- центральное процессорное устройство (DD2), функции которого выполняет однокристальный микроконтроллер AT89C52;
- магистральные усилители сигналов (DD10, DD12...DD14, DD9.2);
- регистр хранения младших адресов (DD4);
- постоянное запоминающее устройство (DD8);
- регистр хранения номера адресной страницы и состояния функциональной шины (DD10);
- регистр формирования сигналов блокировки и индикации (DD1);
- устройство обработки прерываний (DD3.1...DD3.3);
- магистральный усилитель сигналов блокировки (DD7);
- буферный усилитель сигналов индикации (DD9.1);
- интерфейс последовательной связи (DA1, DA2);
- дешифратор сигналов управления (DD5, DD6, DD3.4);
- стабилизатор питающего напряжения +5 В (DA3);
- переключатели режима доступа к памяти программ (J1...J2).

Тактовая частота процессора определяется внешним кварцевым резонатором ВQ. В существующей версии контроллера рабочая частота выбрана равной 22.118 МГц. Контроллер позволяет использовать как внутреннюю память программ, так и программы записанные во внешнее ПЗУ, выбор программной памяти осуществляется с помощью перемычки J1.

Внешние порты микроконтроллера используются по следующему назначению:

- порт P0 выполняет функции внешней шины данных и младших восьми разрядов шины адреса; порт формирует динамические сигналы необходимые для обмена с внешними устройствами;

– порт P1 используется в режиме формирования программно устанавливаемых статических сигналов; через этот порт производится запись сигналов блокировки и индикации в регистр DD1; этот же порт используется для формирования и быстрого изменения сигналов на шинах F и N в режиме, когда регистр DD12 переключен в прозрачное состояние;

– порт P2 выполняет функции формирования старших восьми разрядов внешней адресной шины;

– порт P3 используется для формирования сигналов управления контроллером MP, EW, для обработки сигналов прерывания IL, IZ, для формирования внешних сигналов чтения–записи P36, P37 и сигналов внешнего обмена RXD, TXD.

Установка процессора в исходное состояние (рестарт) производится при включении питания, для чего с помощью элементов C2, R10 на девятом выводе микроконтроллера формируется сигнал высокого уровня, а также при замыкании контактов 6 и 7 разъема XCA в момент нажатия кнопки «Сброс».

Для формирования шестнадцатиразрядной шины адреса используются регистры хранения младших адресов: DD4 — для внутренней шины контроллера, DD13 — для внешней адресной шины. Запись в эти регистры производится сигналом ALE микроконтроллера. Регистр DD14 выполняет функции магистрального усилителя старших адресов. Для буферизации внешней шины данных используется двунаправленный шинный формирователь DD12. Магистральные сигналы чтения RD и записи WR формируются в результате усиления магистральным усилителем DD9.2 сигналов P37 и P36. Этот же усилитель формирует магистральные сигналы RESET (сброс) и RP (сигнал чтения внешней программной памяти).

Пересылка данных в регистры DD1 и DD10 производится по одной и той же шине порта P1. Для управления записью используется сигнал MP, формируемый на выходе P34 микроконтроллера. Исходное состояние этого сигнала — высокий логический уровень. При этом данные, устанавливаемые на выходе порта P1 проходят на магистральные линии F и N, а регистр DD10 выполняет функции магистрального усилителя. При переводе сигнала MP в нижний логический уровень происходит фиксация данных в регистре DD10, и одновременно разрешается запись в регистр DD1. Данные в этом регистре фиксируются сигналом P37 при выполнении команды чтения по произвольному адресу. Младшая тетрада данных, записанных в этот регистр, поступает на магистральный усилитель с открытым коллектором DD7, благодаря чему контроллер имеет возможность устанавливать сигналы блокировок на магистрали крейта. Старшая тетрада этого регистра используется для управления индикационными светодиодами VD2 и VD3 (сигналы SGY и SGR через усилитель DD9.1 поступают непосредственно на светодиоды, расположенные на передней панели), для формирования сигнала RESET и сигнала разрешения выборки внешней программной памяти OPE.

Адресное пространство микроконтроллера распределено следующим образом.

При чтении программ по адресам 0000h...1FFFh выбирается внутренняя память программ микроконтроллера.

При чтении программ в пределах адресов 2000h...7FFFh происходит обращение к ПЗУ контроллера (DD8), чтение из которого производится сигналом PME при условии, что старший адресный разряд P27 = 0.

Результат чтения по адресам выше 8000h зависит от состояния сигнала OPE. Если OPE=0, то генерация сигнала PME в данном адресном пространстве приводит к генерации сигнала RP на магистрали крейта, что соответствует режиму чтения программы из внешней памяти, расположенной за пределами контроллера. При OPE=1 сигнал PME производит чтение данных из формирователя DD13. Таким образом при обращении к программной памяти по старшим адресам может быть прочитано состояние магистральных линий B и L.

Контроллер СМ02 не содержит микросхем оперативной памяти, т.е. микропроцессор располагает только внутренней оперативной памятью объемом 128 или 256 байт в зависимости от типа установленного микроконтроллера. Для расширения ОЗУ сигналы WR и RD выведены на магистраль крейта через буферный усилитель DD9.2. Благодаря этому имеется возможность подключения дополнительных 64К на каждой из шестнадцати адресных страниц. Обращение к расширенной памяти производится непосредственными командами чтения–записи внешнего ОЗУ.

Магистральные линии L1...L4 предназначены для передачи сигналов прерывания из ведомых модулей в контроллер крейта. В исходном состоянии они с помощью резисторов R2...R5 подключены к источнику напряжения +5В и доступны для формирующих элементов с открытым коллектором. Появление низкого логического уровня на одной из этих линий приводит к формированию сигнала прерывания на входе P32 микроконтроллера. Вход P33 настроен как вход прерывания второго уровня. Он предназначен для контроля состояния магистральной линии Z0.

Сигнал EW разрешает перевод всех магистральных усилителей в активное состояние при наличии низкого уровня на выходе P35 микроконтроллера.

Для повышения помехозащищенности магистральной шины данных все ее разряды с помощью резисторов R27...R34 подключены к источнику напряжения +5В.

Передача команд управления в контроллер и из него осуществляется через оптронный формирователь на микросхемах DA1 и DA2, обеспечивающий согласование уровней сигналов и гальваническую развязку линии связи. Интерфейс допускает магистральное подключение нескольких контроллеров на одну линию связи.

Все цифровые микросхемы питаются напряжением +5В от стабилизатора DA3.

7.2.4 Подготовка к работе

Контроллер крейта СМ03 предусматривает возможность работы с внешним ПЗУ типа К573РФ5, или аналогичным ему по организации. Для перевода контроллера в режим работы с внешним ПЗУ необходимо установить джампер J1, закоротив 31 вывод микроконтроллера ЕМА на общий провод. С помощью джампера J2 выбирается режим включения ПЗУ: если адресный сигнал с вывода 27 микроконтроллера поступает на ПЗУ без инвертирования, то выбор программы из ПЗУ производится начиная с адреса 0000h, в противном случае ПЗУ включается в качестве дополнительного и выбирается начиная с адреса 4000h.

Для работы в составе системы управления питающего устройства контроллер должен находиться в режиме выборки программ из внутреннего ПЗУ, т. е. без установленных джамперов J1 и J2.

Дополнительная информация о назначении выводов разъема ХСА контроллера крейта СМ03, а также перечень элементов схемы электрической принципиальной приведены в приложениях к техническому описанию.

7.3 Модуль оперативной энергонезависимой памяти ЕМ03

7.3.1 Назначение

Модуль оперативной энергонезависимой памяти ЕМ03 представляет собой блок, построенный на основе микросхем статической оперативной памяти с низким энергопотреблением в режиме хранения информации. Модуль предусматривает возможность установки электрически перепрограммируемой FLASH–памяти. Он предназначен для работы под управлением контроллера крейта СМ03 и расширения оперативной памяти контроллера, а также увеличения объема памяти программ. Модуль обеспечивает хранение информации после выключения напряжения питания.

7.3.2 Технические характеристики

Оперативная память, кБайт 64

Организация слов x разрядов	65536 x 8
Электрически перепрограммируемая память, кБайт	64
Организация слов x разрядов	65536 x 8
Время выборки адреса, не более, нс	100
Потребляемый ток в режиме хранения от элемента питания, мкА12
Потребляемый ток от источника +7.5 В, не более, мА	150
Конструктивное исполнение — одноместный модуль в крейте OMI-16MM.	
Габаритные размеры, не более, мм	110×130×25
Шина данных — восьмиразрядная двунаправленная.	

7.3.3 Устройство и принцип работы

Принципиальная электрическая схема модуля оперативной энергонезависимой памяти EM03 приведена на рис.7 и 8 в альбоме схем. В состав модуля входят:

- статические микросхемы памяти с низким энергопотреблением в режиме хранения (DD5,DD6) UM62256;
- электрически перепрограммируемая FLASH память (DD7) AT29C512;
- дешифратор страницы (DD3, J1..J4);
- дешифратор адреса (DD1, DD2, DD4);
- устройство начального сброса (DD8);
- стабилизатор питающего напряжения +5 В (DA1);
- стабилизатор питающего напряжения +3,5 В (DA2);
- источник постоянного тока (E1).

Организация модуля позволяет использовать его в качестве оперативной памяти микроконтроллера, электрически перепрограммируемой памяти программ, а также в качестве подгружаемой памяти программ с последующим длительным хранением.

Для разных режимов работы адресное пространство модуля распределено следующим образом:

- при работе в режиме ОЗУ для хранения данных объем памяти составляет 64К, расположенные по адресам 0000h...FFFEh; старший адрес модуля FFFFh используются в качестве служебного для изменения режима работы и хранения служебной информации;
- доступным к использованию в качестве подгружаемой памяти программ является адресное пространство 8000h...FFFEh; информация в эту область может быть загружена микроконтроллером в режиме доступа к памяти данных, после чего модуль программно переключается для использования верхней области ОЗУ в качестве памяти программ;
- при установке в модуль микросхем FLASH-памяти верхнее адресное пространство 8000h...FFFEh может использоваться для чтения программ, хранящихся по этим адресам в электрически перепрограммируемой памяти¹.

Формирование сигналов управления микросхемами памяти выполняется магистральным интерфейсом, который состоит из микросхем DD1...DD4. На логических элементах DD1, DD2 выполнен дешифратор старших адресов FFFEh и FFFFh, формирующий входные сигналы AL, AH микросхемы DD4. Если установленный на адресной шине код не соответствует ни одному служебному адресу, то на вход микросхемы DD4 будет поступать хотя бы один установленный в единицу сигнал AL или AH.

На логическом компараторе DD3 выполнен дешифратор номера адресной страницы. При совпадении двоичного кода, установленного на шине N1...N8, с кодом, который набран перемычками на переключателях J1...J4, на выходе микросхемы (вывод 6) появляется сигнал высокого уровня. Этот сигнал разрешает работу дешифратора, выполненного на DD4 (ПЛИМ EPМ7064SLC) по входу N. Таким образом, при совпадении магистрального кода номера адресной страницы с установленным в модуле и соответствующих уровнях входных

¹ В модуль может быть установлена только одна из микросхем DD6 или DD7. Одновременная установка их недопустима.

сигналов A0, A15, AL, AH, на DD4 производится полная дешифрация адреса и генерация сигналов CS32, CS64 выборки микросхем памяти DD5..DD7. Эти сигналы на микросхемы DD5..DD7 подаются через транзисторные каскады VT1, R2, R4, R5 и VT2, R3, R6, R8, предназначенные для гашения ложных импульсов выборки микросхем, которые могут возникнуть при включении и выключении питания. Для адресов 8000h...FFFDh при прохождении сигналов чтения (RD, RP) формируется сигнал OE64 низкого уровня. Питание микросхем DD5 и DD6 осуществляется через диодный сумматор VD1,VD2, который обеспечивает автоматическое переключение питания микросхем DD5, DD6 на автономный источник E1 в режиме хранения при выключении питания. Формирование импульсов CS32, CS64 и OE64 блокируется сигналом CLR (логический «0»), который вырабатывается DD8 при подаче питания или уменьшении питания +5 В до уровня +4,65 В.

Все цифровые микросхемы питаются напряжением +5В от стабилизатора DA1.

Внутренняя электрическая принципиальная схема прошивки микросхемы DD4 представлена на рис.6 альбома схем.

При поступлении на вход CLR сигнала низкого уровня, выходы CS32, CS64 и OE64 переходят в третье состояние (происходит блокировка выходных сигналов). Этим же сигналом и сигналом N низкого уровня происходит сброс регистра 74273b. Данный регистр предназначен для записи и хранения пароля доступа к модулю. В зависимости от кода пароля, прошитого в микросхеме DD4 (num-com) возможны два режима доступа к модулю.

Если код пароля равен нулю (номер разработки 21h), то чтение и запись данных в модуль возможны сразу после окончания сигнала CLR. Если же пароль отличен от нуля (номер разработки 22h), то доступ к памяти возможен только после предварительной записи по адресу FFFFh служебного кода, семь младших бит которого соответствуют паролю. Данный режим доступа предназначен для дополнительной защиты информации в микросхемах памяти от стирания в результате формирования ложных сигналов записи при зависании процессора или сбоях на магистрали.

В регистр модуля по адресу FFFFh предварительно записывается код, который сравнивается с заданным значением num-com (в данном случае COD=00), с помощью цифрового 6-разрядного компаратора (LPM_COMPARE). При совпадении значений на шинах DF0..DF6 и COD0..COD6 формируется выходной сигнал компаратора AEB низкого уровня, разрешающий работу выходных формирователей.

При установке в единицу старшего бита служебного кода в обоих разработках разрешается выбор микросхем верхней памяти по сигналу RP — режим расширения памяти программ в пределах установленной адресной страницы.

По входным сигналам A0, AL, AH, N осуществляется полная адресная дешифрация адреса и формирование сигналов OZU и SLREG. Для адреса FFFFh формируется сигнал SLREG высокого уровня. Это позволяет при прохождении сигнала WR в регистр 74273b записать данные с шины D0..D7, а при прохождении сигнала RD — прочитать номер разработки модуля, хранящийся в виде константы num-pro(CONST21).

7.3.4 Система команд модуля EM03

WR N FFFFh RR — команда записи режима работы модуля.

По этой команде в регистр режима работы модуля записывается байт RR, биты которого имеют следующее значение:

RR =	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	R	X	X	X	X	X	X	X

R — бит разрешения чтения данных по сигналу RP (0 — чтение сигналом RP запрещено, 1 — разрешено);

XX...X — код доступа к модулю.

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода разработки модуля.

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля EM03: **021h** или **022h**.

WR N XXXXh DD — команда записи данных DD по адресу XXXXh.

Команда выполняет запись данных по адресу XXXXh, если его значение отлично от FFFFh.

RD N XXXXh — команда чтения данных из адреса XXXXh.

Команда выполняет чтение данных из адреса XXXXh, если его значение отлично от FFFFh.

7.4 Модуль аналого-цифрового преобразователя DM02

7.4.1 Назначение

Модуль аналого-цифрового преобразователя DM02 предназначен для преобразования в цифровой код биполярных аналоговых сигналов, присутствующих на проводниках аналоговой шины AS1...AS4 магистрали интерфейса OMI-16MM. Модуль также предусматривает возможность преобразования аналогового сигнала, подаваемого на разъем передней панели.

7.4.2 Технические характеристики

Количество каналов измерения	5
Динамический диапазон измеряемых сигналов, В.	-10...+10
Время преобразования, не более, мкс.	30
Дискретность преобразования, мВ/ед.	20
Потребляемый ток:	
от источника питания -15В, не более, мА.	15
от источника питания +15В, не более, мА.	15
от источника питания +7,5В, не более, мА.	120
Габаритные размеры.	110×130×25

7.4.3 Принцип работы

Принципиальная электрическая схема модуля DM02 представлена на рис.10 альбома схем.

Схема включает в себя:

- дешифратор адресной страницы (микросхема DD3, переключатель J1);
- дешифратор команд (микросхема DD2);
- регистр номера разработки (микросхема DD1);
- аналоговый мультиплексор (микросхема DA1);
- регистр режима работы (DD5);
- согласующий усилитель (на основе микросхемы DA2);
- аналого-цифровой преобразователь (DA3);
- мультиплексор шины данных (DD6, DD7);
- формирователь сигнала готовности (DD4);
- интегральный стабилизатор напряжения +5В (DA4).

При совпадении номера адресной страницы с кодом, установленным с помощью перемычек на переключателе J1, на выходе микросхемы DD3 формируется уровень логической единицы, который после инвертирования элементом DD4.1 разрешает работу адресного дешифратора DD2. Дешифрация адресов производится по двум старшим разрядам.

Прохождение магистральной команды записи по адресу 0000h в пределах установленной адресной страницы приводит к фиксации данных в регистр DD5. Три младших разряда этих данных представляют собой двоичный код номера аналогового канала и поступают непосредственно на адресные входы аналогового мультиплексора. В четвертом разряде формируется бит разрешения открытия мультиплексора. Сигнал с выхода пятого разряда управляет работой интегрального преобразователя, а в шестом разряд записывается бит маскирования прерываний по готовности данных.

По команде чтения из адреса 0000h на шину данных помещаются восемь старших разрядов результата аналого-цифрового преобразования, а при чтении адреса 0001h — на шину данных выводится дополнительный код, который содержит два младших разряда результата преобразования и признак готовности данных в старшем разряде.

Чтение из адреса FFFFh приводит к открытию буферного усилителя DD1, в результате чего на шину данных помещается индивидуальный код разработки модуля 019h, значение которого определено топологией печатной платы.

Аналоговые сигналы поступают на вход мультиплексора DA1 через резисторы R1, R5...R8. Для защиты пятого измерительного канала от перенапряжения и статического электричества в схему включены диоды VD1 и VD2. Суммарный коэффициент передачи аналогового сигнала определяется делителем, состоящим из входных резисторов, внутреннего сопротивления аналогового мультиплексора, резисторов R9, R10, R11, и устанавливается равным 0,5 с помощью подстроечного резистора R11. Операционный усилитель DA2 включен по схеме повторителя напряжения. С помощью резистора R13 выполняется точная балансировка измерительной схемы, а стабилитрон VD3 включен в схему для защиты аналогового входа интегрального преобразователя от перенапряжения.

После завершения преобразования на 17 выводе микросхемы DA3 устанавливается сигнал низкого логического уровня, который через инвертор DD4.2 поступает на вход логического элемента DD4.4. Если генерация прерываний не запрещена программно, то на линии L2 магистрали устанавливается низкий логический уровень, позволяющий обрабатывать результаты измерений по прерыванию.

7.4.4 Порядок выполнения измерения

Для преобразования в цифровой код одного из аналоговых сигналов необходимо выполнить следующую последовательность команд.

7.4.4.1 Записать в регистр режима модуля код, содержащий номер требуемого канала, разрешение работы мультиплексора, запрет работы преобразователя. Бит маскирования по усмотрению пользователя может иметь любое значение.

7.4.4.2 Выдержать паузу длительностью не менее 5 мкс, необходимую для завершения переходных процессов в аналоговых цепях.

7.4.4.3 Записать в регистр режима модуля код, отличающийся от предыдущего сброшенным пятым разрядом (команда пуска преобразования).

7.4.4.4 Если драйвер управления модулями написан с использованием внешних прерываний, необходимо выдержать интервал времени до появления соответствующего прерывания, инициированного низким уровнем сигнала на линии L2. В противном случае момент завершения преобразования определяется по состоянию старшего бита, прочитанного из адреса 0001h. Возможен также вариант организации драйвера, при котором момент готовности данных определяется программной задержкой длительностью не менее 30 мкс.

7.4.4.5 Для чтения десяти разрядов данных, полученных в результате преобразования, необходимо выполнить две команды чтения: из адреса 0000h и адреса 0001h. Конечный результат преобразования формируется программным способом.

7.4.4.6 Для перевода модуля DM02 в исходное состояние необходимо в регистр режима записать код, содержащий единицу в пятом бите.

7.4.5 Система команд модуля DM02

WR N 0000h RR — команда записи режима работы модуля.

По этой команде в регистр режима работы модуля записывается байт **RR**, биты которого имеют следующее значение:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X	X	EL	ST	UE	U2	U1	U0

EL — бит разрешения генерации магистрального сигнала прерывания при окончании цикла аналого-цифрового преобразования (0 — генерация сигнала **L2** запрещена, 1 — разрешена).

ST — бит пуска-остановки аналого-цифрового преобразования (0 — разрешить преобразование, 1 — запретить).

UE — бит разрешения подачи измеряемого напряжения на вход АЦП (0 — напряжение не подано, 1 — напряжение подано).

U2, U1, U0 — двоичный код номера аналогового канала:
000 — измерение напряжения на магистральной линии **AS1**;
001 — измерение напряжения на магистральной линии **AS2**;
010 — измерение напряжения на магистральной линии **AS3**;
011 — измерение напряжения на магистральной линии **AS4**;
100 — измерение напряжения на входном разъеме модуля.

X — бит не используется и может иметь любое значение.

RD N 0000h — чтение старшего байта аналого-цифрового преобразования

По этой команде читается байт **DH**, биты которого имеют следующее значение:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2

RD N 0001h — чтение младшего байта аналого-цифрового преобразования

По этой команде читается байт **DL**, биты которого имеют следующее значение:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RA	0	0	0	0	0	D1	D0

RA — бит готовности данных (0 — преобразование завершено, 1 — данные не готовы).

D1, D2 — младшие биты результата преобразования.

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода модуля

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля DM02: **019h**.

8 Система вращения анода

Для уменьшения удельной плотности потока тепловой мощности, воздействующего на анод рентгеновской трубки в месте фокусировки электронного пучка, в флюорографе применяются рентгеновские трубки с вращающимся анодом. Это позволяет увеличить площадь теплового воздействия более, чем на два порядка, не увеличивая при этом геометрические размеры фокусного пятна.

Для придания вращательного движения аноду рентгеновской трубки используется принцип асинхронного двигателя переменного тока, ротор которого расположен непосредственно в вакуумном объеме рентгеновской трубки, а статор — находится за ее пределами.

Обмотки статора питаются однофазным напряжением и включены по схеме с фазосдвигающим конденсатором. Предусмотрены два режима питания статора. Первый режим применяется для быстрой раскрутки анода в процессе подготовки снимка. В этом режиме в течение полутора-двух секунд анод трубки приобретает номинальную скорость вращения. Питание статора при этом осуществляется напряжением 220 В. Во втором режиме — режиме торможения — к статору трубки прикладывается переменное напряжение с уменьшенной амплитудой, а включение фазосдвигающего конденсатора обеспечивает изменение направления вращательного момента, прикладываемого к ротору. Режим торможения предназначен для остановки ротора рентгеновской трубки после выполнения снимка с целью уменьшения износа подшипников и увеличения ресурса трубки.

8.1 Модуль управления вращением анода

Модуль управления вращением анода предназначен для формирования сигналов управления а также для обработки сигналов датчика тока статора и датчика вращения анода. Его принципиальная схема показана на рис.10 альбома схем.

Формирование сигналов управления модулем выполняется магистральным интерфейсом, который состоит из микросхем DD1...DD3 и инвертора DD4.1. На логическом компараторе DD3 выполнен дешифратор номера адресной страницы. При совпадении двоичного кода, установленного на шине N1...N8, с кодом, который набран переключками на переключателе J1...J4, на выходе микросхемы (вывод б) появляется сигнал высокого уровня. Этот сигнал разрешает работу первой половины дешифратора DD2 по входу E1, а после инверсии элементом DD4.1 — второй половины того же дешифратора по входу E4. Таким образом, при совпадении магистрального кода номера адресной страницы с установленным в модуле разрешается прохождение сигналов чтения и записи к регистрам и магистральным усилителям. Дешифрация этих сигналов производится по двум разрядам адресной шины — A14 и A15. В зависимости от установленного двоичного кода этих разрядов при генерации магистрального сигнала чтения RD активный уровень логического нуля появляется на одном из выходов первой половины дешифратора DD2 (выводы 7...4). Аналогично функционирует вторая половина микросхемы, выполняя дешифрацию сигналов записи.

Для управления модулем используется один адресный сигнал записи и два адресных сигнала чтения. В соответствии с требованиями интерфейса по сигналу чтения из адреса FFFFh на шину данных помещается индивидуальный код разработки модуля 89h. Эту функцию выполняет микросхема DD1. При чтении из адреса 0000h разрешается выдача сигналов низкого уровня в разряды D0, D1 шины данных с выходов элементов DD7.1 и DD7.2 соответственно. С помощью этих элементов на шину данных помещается состояние контрольных датчиков системы вращения анода. Сигнал записи по адресу 0000h фиксирует состояние разрядов D0, D1 в триггерах микросхемы DD6, выходные сигналы которых и определяют режим работы системы вращения.

Логический элемент DD4.2 и микросхема DD8 выполняют функцию синхронизации сигналов управления с фазой переменного напряжения сети. Логическая единица,

записанная из разряда D1 в триггер DD6.1 приводит к появлению сигнала низкого уровня на инверсном выходе этого триггера (вывод б), который разрешает прохождение импульсов низкого логического уровня Z0 на счетные входы триггеров микросхемы DD8. Магистральный сигнал Z0 представляет собой последовательность импульсов, длительностью около 100 мкс, следующих с частотой 100 Гц, время появления которых на магистрали синхронизировано с изменением фазы сетевого напряжения. Таким образом в момент очередного изменения фазы состояние триггера DD6.2 в инверсном виде перезаписывается в триггер DD8.2. В это же время запускается формирователь импульсов, длительностью около 3 мс, который собран на элементе DD8.1.

Выходные сигналы триггеров микросхемы DD8 логически объединяются на элементах DD4.3, DD4.4. На выходе одного из этих элементов в зависимости от состояния триггера DD6.2 появляются импульсы положительной полярности длительностью около 3 мс, которые в моменты изменения фазы сетевого напряжения приводят к открытию одного из транзисторов VT1, VT2. Эти транзисторы представляют собой ключи управления оптосимисторами, которые расположены в блоке SB01 и предназначены для включения на статор анода рентгеновской трубки ускоряющего или тормозного напряжения соответственно. Индикация режима разгона и режима торможения производится с помощью светодиодов VD5, VD6, которые включены на выход элементов DD5.3, DD5.4. В режиме разгона анода на передней панели модуля светится светодиод желтого цвета, а при подаче тормозного напряжения — светодиод красного цвета.

Временные диаграммы, поясняющие работу схемы синхронизации управляющих напряжений, показаны на рисунке 6.

Схема обработки контрольных сигналов системы собрана на основе операционных усилителей DA2...DA6 и логических элементов DD7.3, DD7.4.

Сигналы с датчика тока поступают в модуль через контакты 7, 8 разъема X1 и представляют собой переменное напряжение, амплитуда которого пропорциональна величине тока, протекающего через статор рентгеновского излучателя. Нагрузкой измерительного трансформатора тока является резистор R36. Напряжение, выделяемое на этом резисторе, преобразуется в постоянное с помощью детектора, собранного на элементах VD7, R13, C8. После усиления операционным усилителем DA4 это напряжение поступает на аналоговую шину магистрали (сигнал AS1) для измерения, а также на вход компаратора, функции которого выполняет микросхема DA6. Этот компаратор сравнивает уровень измеряемого напряжения с уровнем опорного напряжения, величина которого регулируется потенциометром R19. Таким образом, когда ток статора превышает некий минимальный порог, на выходе компаратора DA6 формируется отрицательное напряжение, которое с помощью диодного ограничителя на элементах R35, VD10, VD11 преобразуется в ТТЛ-сигнал низкого уровня и поступает на вход магистрального усилителя (элемент DD7.2) для обеспечения возможности программного контроля наличия тока. Следует иметь в виду, что усилитель DA4 инвертирует сигнал, поэтому большему значению тока статора соответствует более низкий уровень напряжения на магистральной линии AS1.

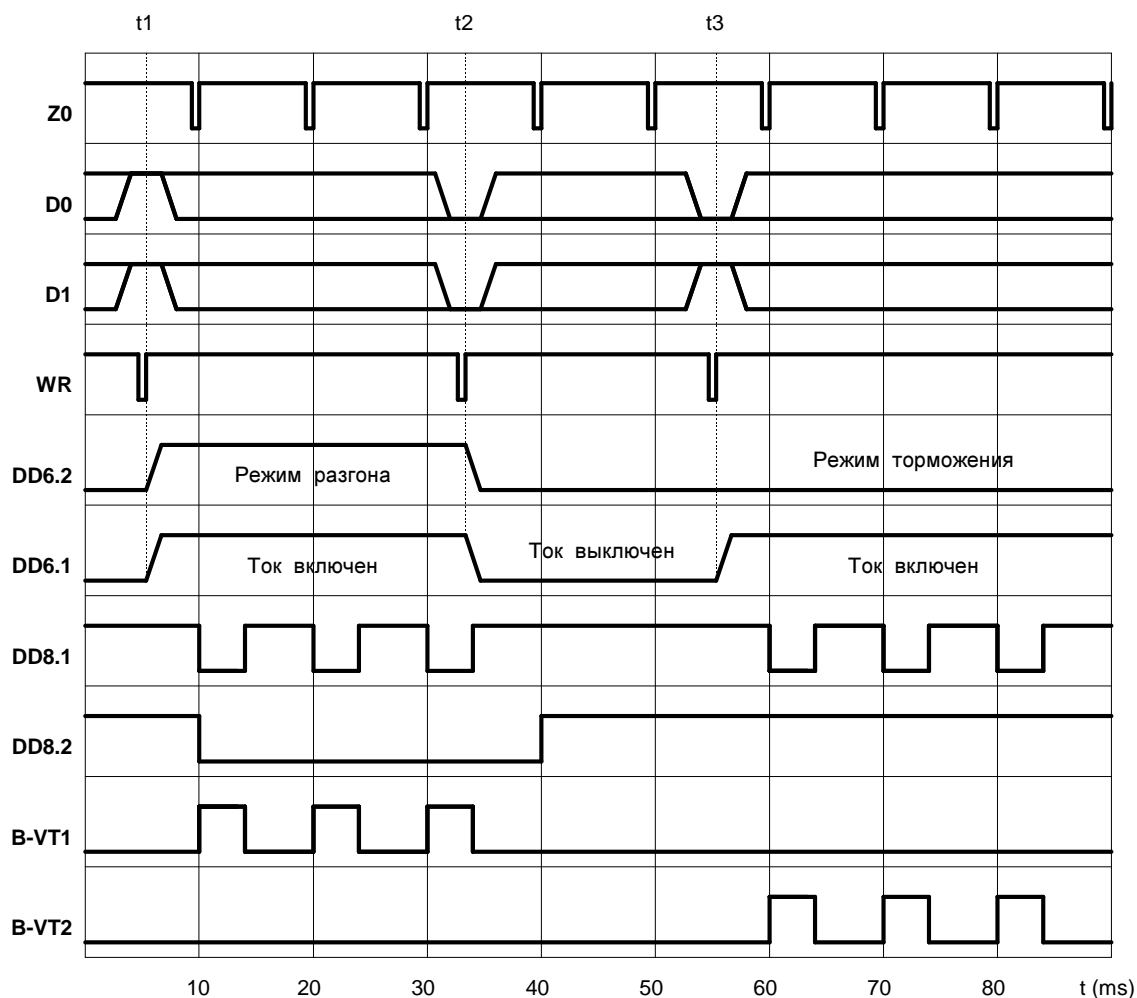


Рисунок 5 – Временные диаграммы напряжений устройства синхронизации сигналов управления

- t1 — момент программного включения режима разгона;
- t2 — момент программного выключения режима разгона;
- t3 — момент программного включения режима торможения.

Для контроля вращения анода рентгеновской трубки применяется электромагнитный датчик шума, который закреплен на корпусе излучателя. Сигнал с этого датчика поступает на активный детектор, собранный на операционном усилителе DA2. Этот детектор мало чувствителен на частоте 50Гц и имеет повышенный коэффициент преобразования на частотах выше 1кГц. После интегрирования цепочкой R10, C7 выходной сигнал детектора усиливается операционным усилителем DA3 и поступает для сравнения на вход компаратора DA5. Уровень опорного напряжения на этом компараторе регулируется потенциометром R18. Если уровень шума превышает пороговое значение на выходе компаратора формируется отрицательное напряжение, которое с помощью диодного ограничителя R33, VD8, VD9 преобразуется в ТТЛ-сигнал низкого уровня. Этот сигнал поступает на магистральный усилитель DD7.1 для программного контроля, а также на вход элемента DD7.3 для снятия аппаратной блокировки В1.

Для питания модуля используются магистральные напряжения +7,5В, +15В, -15В. Потребление тока от источников +15В и -15В не превышает 20мА. Максимальный ток, потребляемый от источника +7,5В определяется ключевыми каскадами управления оптосимисторами и не превышает 300мА, а средний ток, потребляемый модулем от этого источника не превышает 150мА.

Конструктивно модуль выполнен в соответствии с требованиями стандарта ОМІ-16ММ. Схема расположения элементов показана на рис.11 альбома схем.

8.1.1 Система команд модуля RM02

WR N 0000h 00h — выключить все напряжения на приводе анода трубки

По этой команде закрываются все ключи, подающие напряжение на статор анода рентгеновской трубки.

WR N 0000h 02h — включить режим торможения анода трубки

Команда включает на статор анода пониженное напряжение торможения.

WR N 0000h 03h — включить режим вращения анода трубки

Команда включает на статор анода напряжение вращения.

RD N 0000h — чтение байта состояния контрольных сигналов

По этой команде читается байт **RC**, биты которого имеют следующее значение:

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RC =	X	X	X	X	X	X	DN	DI

DN — бит состояния датчика шума (1 — шум трубки присутствует, 0 — шума нет).

DI — бит состояния датчика тока (1 — ток статора присутствует, 0 — тока нет).

X — бит неинформационен и может иметь любое значение.

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода модуля

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля DM01: 089h.

8.2 Силовой блок системы вращения анода RB03

Электрическая принципиальная схема силового блока показана на рис.14 альбома схем. Основу блока составляют два симистора VD1, VD2, которые выполняют функции электронных ключей переменного тока. Статор рентгеновской трубки с помощью соединительного кабеля и внутреннего жгута силового блока соединяется с контактами 1 и 3 клеммника KR. Третий вывод статора соединен с нулевым проводом питающей сети (см. схему электрическую принципиальную флюорографа, рис.3 альбома схем). Фаза В, питающая систему вращения анода, через соответствующий предохранитель подается на второй контакт клеммника KR, а с него — через обмотку измерительного трансформатора TR1 поступает на оба электронных ключа VD1, VD2. Первичная обмотка измерительного трансформатора для улучшения формы сигнала зашунтирована резисторами R15, R16.

При отпирании электронного ключа VD1 напряжение фазы В поступает через контакт 3 клеммника KR на второй вывод статора (сигнал FR). К третьему выводу статора это же напряжение прикладывается через фазосдвигающую цепочку конденсаторов C4, C5. Для защиты этих конденсаторов от обратного напряжения схема содержит диоды VD3, VD4. При таком включении обеспечивается быстрый разгон ротора до номинальной скорости вращения, ток статора при этом может достигать 5А.

Для включения режима торможения необходимо открыть электронный ключ VD2. В этом случае фазное напряжение поступает на противоположный вывод статора (сигнал FD, 1 контакт клеммника KR) через токоограничивающие резисторы R12, R14. Напряжение фазы

FR формируется при этом с помощью фазосдвигающих конденсаторов С4, С5. Изменение фазовых сдвигов обеспечивает создание тормозного момента (усилие вращения противонаправлено вышеописанному режиму разгона), а ограничение тока с помощью резисторов обеспечивает мягкий режим торможения.

Управление электронными ключами осуществляется с помощью транзисторных каскадов VT1, VT2, работающих в ключевом режиме, и оптосимисторов DD2, DD3. Ограничение тока управляющих светодиодов обеспечивается резисторами R6, R11. Для предотвращения возможности одновременного открытия обоих электронных ключей блок содержит логическую схему на элементах DD1.1...DD1.4. При появлении запрещенной комбинации управляющих сигналов RER=0 и RED=0 элемент DD1.1 формирует на выходе уровень логической единицы, который запрещает подачу отпирающих напряжений на транзисторные ключи.

Питание цепей управления оптосимисторами осуществляется от источника +12В.

При работе блока RB03 возможен нагрев как самих оптосимисторов, так и токоограничивающих резисторов R12, R14. Поэтому конструктивно блок выполнен в виде продуваемой металлической трубы прямоугольного сечения. В составе УПР работает с принудительным охлаждением. Расположение элементов на печатной плате блока показано на рис.15 альбома схем.

9 Система управления накалом катода

Для управления током накала рентгеновской трубки в УПР применен принцип широтно-импульсного регулирования напряжения на накальном трансформаторе. Контроль величины тока накала производится по току первичной обмотки накального трансформатора.

В состав системы управления накалом катода входит модуль ТМ02 и блок регулятора тока накала ТВ03. Система является программно управляемой, но использует при этом два механизма стабилизации тока накала: аналоговая стабилизация с отрицательной интегрально-дифференциальной обратной связью и цифровая стабилизация, реализованная программно с помощью управляющего процессора.

9.1. Модуль контроля накала ТМ02

Модуль контроля накала ТМ02 предназначен для управления током накала рентгеновской трубки, его стабилизации и измерения. Модуль управляется программно и на основе установленных программных режимов и сигналов обратной связи вырабатывает широтно-импульсный сигнал управления регулятором тока накала.

Электрическая принципиальная схема модуля приведена на рис.14 альбома схем. В ее состав входят следующие функциональные узлы:

- магистральный интерфейс;
- десятиразрядный регистр хранения кода тока накала;
- регистр режима обратной связи;
- цифро-аналоговый преобразователь;
- источник опорного напряжения;
- активный выпрямитель сигнала обратной связи;
- генератор треугольного напряжения;
- усилитель сигнала рассогласования;
- формирователь широтно-импульсного сигнала;
- компаратор системы блокировок.

Магистральный интерфейс модуля построен аналогично интерфейсу модуля RM02. В его состав входят микросхемы DD1...DD3, DD7.1. Интерфейс выполняет функции дешифрации адресной страницы и команд, а также содержит регистр кода разработки.

Десятиразрядный регистр хранения кода тока накала выполнен на микросхемах DD4, DD5. Запись информации в регистр выполняется при обращении к адресам 0000h...3FFFh. Сигнал записи поступает на соответствующие входы микросхем DD4, DD5 с 9 вывода дешифратора DD2. Для дополнения шины данных до десяти разрядов используется две функциональные линии магистрали F1 и F2. Записанный в регистр код поступает на вход десятиразрядного цифро-аналогового преобразователя, выполненного на микросхемах DD9, DD10. Величина сформированного на его выходе напряжения зависит от кода и амплитуды опорного напряжения, подаваемого на 15 вывод микросхемы DA9.

В модуле применена схема источника опорного напряжения, позволяющая регулировать его величину в пределах нескольких процентов. Основой источника является термокомпенсированный стабилитрон VD2, который запитан стабилизированным током от источника на полевом транзисторе VT1. После дополнительной фильтрации с помощью RC-цепочки R10, C10 напряжение со стабилитрона поступает на вход регулируемого усилителя постоянного тока, собранного на операционном усилителе DA3.

Сигнал обратной связи о величине тока накала поступает в модуль с датчика тока через первый контакт разъема ХТА. Он представляет собой синусоидальное напряжение с амплитудой около 100 мВ. Для преобразования его в постоянное напряжение, уровень которого соответствует действующему значению тока, применена схема, построенная на основе операционных усилителей микросхемы DA4. Первый усилительный каскад на

элементе DA4.1 предназначен для регулируемого усиления сигнала обратной связи до амплитуды в несколько вольт. На элементах DA4.2 и DA4.3 выполнен активный выпрямитель переменного напряжения, при чем каскад на операционном усилителе DA4.3 выполняет функции не только суммирующего усилителя, но и интегратора, постоянная времени которого определяется номиналами элементов R37, C15. Таким образом на выходе этого каскада формируется медленно меняющееся напряжение, уровень которого соответствует действующему значению тока накала. Это напряжение поступает на вход усилителя сигнала рассогласования, а также, после дополнительной фильтрации элементами R38, C16 и усиления операционным усилителем DA4.4, подается на линию AS2 аналоговой шины магистрали крейта для измерения.

Усилитель сигнала рассогласования построен на основе операционного усилителя DA5 и может работать в двух режимах, для переключения которых служит коммутатор DD8. Если оба ключа коммутатора закрыты, то усилительный каскад имеет коэффициент передачи близкий к единице по отношению к управляющему сигналу, а сигнал обратной связи не влияет на его работу — цепь обратной связи разорвана. Этот режим является технологическим и используется при калибровке системы управления накалом катода. Если ключи коммутатора DD8 открыты, то каскад на операционном усилителе DD5 усиливает дифференциальную разность сигналов, приложенную к его входу, с коэффициентом усиления около 20. RC-цепочка R26, C11 обеспечивает формирование частотной характеристики каскада, при которой система обратной связи находится в области устойчивости.

Усиленный сигнал рассогласования через резистор R28 поступает на инверсный вход компаратора DA8. На прямой вход этого же компаратора подается сигнал треугольной формы с частотой 40 кГц и амплитудой до 7В, который вырабатывается функциональным генератором на микросхемах DA2, DA6. С помощью резистора R4 устанавливается требуемое смещение сигнала относительно нуля, а резистором регулируется его амплитуда. В результате сравнения этого сигнала со значением усиленного напряжения рассогласования на выходе компаратора DA8 формируется широтно-импульсный сигнал, скважность которого пропорциональна величине сигнала рассогласования.

Для контроля целостности цепи накала модуль содержит компаратор DA7. На опорном входе этого компаратора с помощью подстроечного резистора R34 устанавливается тот минимальный уровень напряжения, при достижении которого сигналом обратной связи будет снята аппаратная блокировка по линии B2 магистральной шины блокировок. При обрыве вторичных цепей накала в модуле ТВ03 срабатывает аппаратный компаратор по превышению напряжения на первичной обмотке накального трансформатора, выходной сигнал которого через 10 контакт разъема ХТА и резистор R43 поступает на вход компаратора DA7. Последовательность импульсов низкого уровня разряжает конденсатор C13, напряжение на нем опускается ниже уровня опорного. В результате этого формируется активный уровень сигнала B2, запрещая включение высокого напряжения.

Для переключения режимов работы усилителя рассогласования используется регистр режима на основе микросхемы DD6. Запись информации в регистр производится по адресам 4000h...7FFFh. Вторая половина регистра используется для включения контрольного светодиода VD1.

Питание всех цифровых микросхем осуществляется от интегрального стабилизатора DA1 напряжением +5В.

Схема расположения элементов на плате модуля показана на рис.17 альбома схем.

9.1.1 Система команд модуля TM02

WR N 0000h Fxh Dxh — установить ток накала катода трубки.

По этой команде устанавливается ток накала, пропорциональный коду $256 \cdot Fxh + Dxh$, где **Fxh** – состояние функциональной шины магистрали на момент прохождения команды (допустимые значения от 00h до 03h), **Dxh** – данные, записываемые командой по адресу 0000h на страницу N.

WR N 4000h Rgh — установить режим работы модуля.

Команда устанавливает режим работы модуля в соответствии с состоянием двух младших бит параметра **Rg**.

Rg =	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	X	X	X	X	X	X	SS	RR

RR — бит включения обратной связи (1 — обратная связь выключена, 0 — включена).

SS — бит состояния индикаторного светодиода (1 — включен, 0 — выключен).

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода модуля.

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля TM02: 099h.

9.2 Блок регулятора тока накала ТВ03

Блок представляет собой регулятор переменного тока, который предназначен для регулировки тока первичной обмотки накального трансформатора в соответствии со скважностью управляющего широтно-импульсного сигнала. Принципиальная схема блока показана на рис.18 альбома схем.

Управляющий сигнал поступает на светодиод оптрона DD3, который предназначен для гальванической развязки управляющей цепи относительно фазы питающей сети. В соответствии с периодом управляющего сигнала и его скважностью происходит отпирание фототранзистора оптрона, которое приводит к формированию положительного управляющего напряжения на выходе микросхемы DD2. Этим напряжением открывается полевой транзистор VT1, продолжительность открытого состояния транзистора непосредственно зависит от скважности управляющего сигнала.

Транзистор вместе с индуктивностью L1 и резисторами R10, R11 включены в диагональ выпрямительного моста и образуют схему, эквивалентную управляемому переменному резистору. Диод VD5 необходим для организации цепи рекуперации реактивной мощности, а конденсаторы C4, C7 выполняют функции сглаживающих фильтров и предназначены для подавления паразитных составляющих на частоте регулирования. Для дополнительного подавления этих составляющих предназначен фильтр на элементах L3, C8, C9. Благодаря многокаскадной фильтрации форма тока, протекающего через регулятор мало чем отличается от синусоидальной.

Регулирующий каскад вместе с фильтрами включен последовательно в цепь первичной обмотки накального трансформатора и обеспечивает плавную регулировку тока в диапазоне от 0 до 1А. Для измерения величины этого тока блок содержит измерительный трансформатор тока TR2. Резистор R12 предназначен для уменьшения искажений сигнала, а конденсатор C10 необходим для подавления высокочастотных составляющих.

Формирователь управляющего напряжения полевого транзистора (микросхема DD2) запитан от изолированного источника напряжения, который выполнен на основе преобразователя DA1, TR1. Питание микросхемы осуществляется от двухполупериодного выпрямителя VD1...VD4 через сглаживающий П-образный фильтр C5, L2, C6.

Для защиты от обрывов во вторичных цепях накала схема содержит аналоговый компаратор, собранный на элементах DA2, R15, R16, VD10. Напряжение с первичной обмотки накального трансформатора поступает на делитель R15, R16, а с него — через стабилитрон VD10 на встречно включенные светодиоды оптрона DA2. В нормальном режиме работы напряжение на первичной обмотке накального трансформатора не превышает 120 В, а резисторный делитель настраивается с помощью резистора R16 таким образом, чтобы напряжение на его выходе не превышало порога отпирания стабилитрона VD10. Фототранзисторы оптрона DA2 при этом закрыты и не оказывают влияния на работу схемы. При обрыве вторичных цепей накала напряжение на первичной обмотке накального трансформатора подымается выше 150 В, что приводит к отпиранию стабилитрона VD10 и периодическому включению оптрона DA2. Объединенные коллекторы фототранзисторов формируют низкий логический уровень сигнала ТВ, который поступает в схему управления в модуль ТМ02 и блокирует работу системы накала.

Первичное питание блока регулятора осуществляется напряжением +12В.

Конструктивно блок выполнен в виде продуваемого прямоугольного металлического корпуса с принудительным охлаждением, т. к. схема содержит элементы, интенсивно выделяющие тепло. Схема расположения элементов на печатной плате блока показана на рис. 19 альбома схем.

10 Главная цепь

На общей электрической схеме питающего устройства, представленной на рис.3 альбома схем, главная цепь показана утолщенными линиями проводников. В состав главной цепи входят следующие компоненты УПР:

- электромагнитный контактор КТ1, который закорачивает главную цепь параллельно включенными группами контактов 3-4 и 5-6;
- плавкий предохранитель FU1;
- блок VC34, внутри которого главная цепь проходит через широтно-импульсный регулятор напряжения и оптотиристорную сборку, выполняющую функцию коммутатора главной цепи;
- первичная обмотка высоковольтного трансформатора.

В момент выполнения снимка ток главной цепи может кратковременно достигать значения 60 А, а потребляемая по фазе В мощность — до 15 кВт.

10.1 Принцип регулирования высокого напряжения

При подготовке снимка микроконтроллер выставляет на цифро-аналоговый преобразователь модуля FM02 код, соответствующий уровню высокого напряжения. Аналоговое напряжение управления поступает с модуля FM02 на широтно-импульсный регулятор блока VC34 в качестве опорного.

При выполнении снимка в блоке VB01 формируется управляющий сигнал открывания оптотиристорного коммутатора, и напряжение фазы В прикладывается к схеме регулирования. Сигнал обратной связи, который снимается с отвода вторичной обмотки высоковольтного трансформатора поступает через 6 контакт разъема XVP в блок VC34 для сравнения с опорным в аналоговой схеме управления широтно-импульсным регулятором.

Ограниченное на необходимом уровне напряжение фазы В в виде сигнала FV поступает на первичную обмотку высоковольтного трансформатора. Увеличенное пропорционально коэффициенту трансформации напряжение поступает со вторичной обмотки на высоковольтный выпрямитель, расположенный в блоке ТВБ (на схеме обозначен VT), а после выпрямления — с помощью высоковольтных кабелей подается на рентгеновскую трубку.

10.2 Модуль управления высоким напряжением VM03

Основным назначением модуля является формирование сигналов управления коммутаторами главной цепи, а также логическая обработка сигналов шины блокировок и контроль анодного напряжения и тока рентгеновской трубки с целью защиты ее от превышения предельно допустимых параметров.

Электрические и принципиальные схемы, по которым можно проследить логику работы модуля, показаны на рис.20 и 21 альбома схем УПР.

Модуль построен на основе программируемой логической матрицы DD1, которая реализует в себе его основные логические функции. Помимо этого модуль содержит аналоговый коммутатор сигналов контроля напряжений (DD3), двухуровневые компараторы аппаратной защиты по превышению тока и напряжения (DA2...DA5), дешифратор номера адресной страницы (DD2), а также согласующие каскады — формирователи сигналов управления (VT1...VT3, DD5).

Контрольный сигнал IA-M, пропорциональный величине анодного тока рентгеновской трубки, поступает в модуль через первый контакт разъема XVA. С помощью резистора R1 он выводится на линию AS3 аналоговой шины магистрали крейта для измерения. Двухсторонний стабилитрон VD5 предназначен для дополнительной защиты

измерительной цепи в случае высоковольтного пробоя. Это же напряжение через резистор R10 поступает на вход двухуровневого компаратора DA2, DA3, пороги срабатывания которого устанавливаются с помощью резисторов R25, R26. Поскольку контрольный сигнал о величине анодного тока снимается с шунта, включенного в разрыв вторичной обмотки высоковольтного трансформатора, он представляет собой двухполярный сигнал, близкий к синусоидальному. Превышение допустимого уровня тока равновероятно может произойти как на положительной, так и на отрицательной полуволне. При превышении допустимого значения на положительной полуволне срабатывает компаратор DA2, а на отрицательной — DA3. Выходы компараторов с открытым коллектором логически объединены и формируют сигнал I-AN. Этот сигнал поступает на вход PRN триггера 56 (7474-1) и устанавливает его в единичное состояние. После буферизации элементом с открытым коллектором сигнал поступает на линию В3 шины блокировок магистрали. Перевод триггера защиты в исходное состояние осуществляется магистральным сигналом сброса.

Двухуровневый компаратор DA4, DA5 работает по тому же принципу, что и компаратор токовой защиты. На его вход поступает контрольный сигнал уровня высокого напряжения, который снимается с дополнительного отвода вторичной обмотки высоковольтного трансформатора. Резисторы уровней порогов срабатывания R27, R28 настраиваются таким образом, чтобы компаратор вырабатывал защитный сигнал U-AN при превышении порога высокого напряжения 20 кВ. Этот сигнал с объединенных выходов компаратора поступает на вход ПЛИС DD1 для дальнейшей логической обработки.

Этот же сигнал поступает в базу транзистора VT4 через инвертор микросхемы DD4 и отпирает его. Транзистор закорачивает цепь питания светодиодов, которые на пульте управления индицируют включение высокого напряжения.

Аналоговый коммутатор DD3 предназначен для коммутации контрольных сигналов уровня высокого напряжения и действующего напряжения сети на линию AS4 аналоговой шины магистрали крейта для измерения. Требуемый канал коммутатора включается с помощью сигналов управления C00 и C01, которые формируются на выходах микросхемы DD1.

Программируемая логическая матрица модуля содержит в себе дешифратор команд DEC-VM03. На его выходе формируются сигналы управления, необходимые для чтения кода разработки модуля (LPM_CONSTANT), а также состояния контрольного сигнала C13 и состояния триггера защиты по напряжению 51 (7474-1). Кроме этого на выходе дешифратора вырабатываются сигналы: WR0 — сигнал записи данных в регистр 15 (74273b); WR2 — сигнал сброса триггера защиты по напряжению; WR3 — сигнал сброса триггера защиты по току.

Выходные уровни сигналов регистра 15 поступают на выход порта C0 микросхемы DD1 и используются для следующих целей:

- C00, C01 — код канала аналогового мультиплексора;
- C02 — сигнал управления оптодиристором главной цепи (сигнал включения-выключения экспозиции);
- C03 — сигнал включения режима подготовки к снимку;
- C04 — сигнал управления электромагнитным контактором включения УПР;
- C07 — сигнал готовности к выполнению снимка.

Сигналы управления оптодиристором и электромагнитным пускателем претерпевают дополнительную логическую обработку с помощью элементов 72 и 73, суть которой заключается в следующем.

Если хотя бы один из сигналов блокировки магистральной шины В1... В4 находится в активном состоянии (уровень логического нуля), то генерация сигнала открытия оптодиристора главной цепи запрещается с помощью логических элементов 23, 72.

Если на вход ПЛИМ поступает активный сигнал U-AN, свидетельствующий о превышении уровня напряжения 20 кВ, в момент времени, когда подача высокого напряжения запрещена, — это приведет к запрету сигнала управления электромагнитным пускателем и выключению свех силовых цепей УПР, т. к. триггер 51 сигналом с инверсного выхода запретит прохождение сигнала Q4 через элемент 73. При выполнении экспозиции сигнал Q2 сбрасывает триггер 105, выходной сигнал которого блокирует прохождение сигнала защиты U-AN на вход установки триггера защиты по напряжению 51 (7474-1). При прекращении действия сигнала Q2 с помощью инвертора 88 сбрасывается триггер 83 (7474-1), что приводит к включению счетчика 82 (74193). Счетчик предназначен для отсчета интервала времени не менее 20 мс, для чего используются импульсы перехода через ноль напряжения сети, поступающие в микросхему с магистральной линии Z0. Таким образом, после завершения экспозиции формируется временной интервал не менее 20 мс, необходимый для закрытия оптодиода главной цепи. При появлении логического нуля на выходе инвертора 94 триггер 83 переходит в исходное состояние, запрещая работу счетчика, а триггер 105 возвращается в исходное состояние по входу PRN и разрешает прохождение сигнала U-AN на триггер 51. То есть через 20 мс после окончания экспозиции включается система защиты от несанкционированного появления высокого напряжения.

Транзисторы VT1...VT3 работают в качестве токовых ключей и предназначены для формирования выходных сигналов системы управления. Оптрон DD5 выполняет функции гальванической развязки внешнего сигнала управления ONHV.

Дешифратор номера адресной страницы на микросхеме DD2 работает по тому же принципу, что и в описанных ранее модулях.

Питание всех цифровых микросхем и транзисторных ключей VT2, VT3 осуществляется от интегрального стабилизатора DA1, установленного в модуле.

Расположение элементов показано на рис.22 альбома схем.

10.2.1 Система команд модуля VM03

WR N 0000h FKh — запись байта данных FK в командный регистр.

По этой команде записывается байт **FK**, биты которого имеют следующее значение:

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
FK =	REX	X	X	FL	PR	EX	C01	C00

REX — бит готовности к экспозиции (активный уровень - «1»).

FL — бит включения электромагнитного контактора (активный уровень - «1»).

PR — бит включения режима подготовки (активный уровень - «1»).

EX — бит включения высокого напряжения (активный уровень - «1»).

C00, C01 — код канала аналогового мультиплексора.

X — бит неинформационный и может иметь любое значение.

WR N 8000h XXh — снятие блокировки по высокому напряжению.

WR N C000h XXh — снятие блокировки по току анода.

RD N 0000h — чтение байта RE регистра внешних данных.

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
RE =	BLU	X	X	X	C13	X	X	X

BLU — бит состояния триггера блокировки по высокому напряжению («1» — блокировка включена).

C13 — бит состояния сигнала ONHV («0» — сигнал активен).

X — бит неинформационный и может иметь любое значение.

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода модуля

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля VM02: **0AAh**.

10.3 Блок контроля главной цепи VB01

Блок включает в себя согласующие элементы измерительных цепей, предназначенных для контроля сетевого напряжения, анодного тока и высокого напряжения рентгеновской трубки. В блоке также конструктивно расположены элементы первичного включения сетевого напряжения, цепи управления электромагнитным контактом и оптодиристором главной цепи. Модуль производит формирование импульсов синхронизации в момент перехода через ноль сетевого напряжения на фазе В.

Принцип работы модуля рассмотрен по схеме электрической принципиальной, которая показана на рис.23 альбома схем, а также по схеме электрических соединений питающего устройства (рис.3 альбома схем). Далее по тексту ссылки на нумерацию элементов приведены в соответствии со схемой электрической принципиальной блока VB01, за исключением специально оговоренных случаев.

Напряжение фазы А с контакта 1 клеммной колодки К1 через предохранитель FU3 поступает на контакт 6В разъема XVB, а также — через клавишу S1 «ON» на контакт 8А того же разъема блока VB01 (см. рис.3 альбома схем). При нажатии на клавишу «ON» напряжение через резисторы R1, R2 и диод VD1 поступает на реле P1. Номинал резистора выбран таким образом, чтобы обеспечить ток срабатывания реле. Контакты реле P1.1 замыкаются, и напряжение с контакта 6В разъема XVB поступает на контакт 7А того же разъема, а также через резисторы R3, R4 и диод VD1 — на обмотку реле P1. Номиналы резисторов R3, R4 подобраны таким образом, чтобы через обмотку реле протекал ток, необходимый для его удержания. Поэтому, после отпускания клавиши «ON» реле остается во включенном состоянии, подавая напряжение через замкнутые контакты на вывод 7А разъема XVB, и далее — на блоки питания PB01, PB02 (см. рис.3 альбома схем), обеспечивая питание крейта необходимыми напряжениями.

При нажатии клавиши S2 «OFF» (см. рис.3 альбома схем) обмотка реле P1 в блоке VB01 закорачивается через контакт 4В разъема XVB. Контакты реле P1 размыкаются, в результате чего прекращается подача напряжения на блок питания крейта — происходит полное выключение питающего устройства.

При командном формировании активного уровня сигнала FL_ON, который из модуля VM03 поступает в блок VB01 через контакт 13 разъема XVB, открывается составной оптосимистор, собранный на основе элементов DD2, VD2, и напряжение фазы А поступает на контакт 6А разъема XVB и далее — на электромагнитный контактор. Контактор КТ1 (см. рис.1 альбома схем) срабатывает и через предохранители FU1, FU4, FU6, FU7 подает питание на все системы УПР.

Напряжение FB-1 через контакт 5А разъема XVB поступает на схему формирования импульсов синхронизации, которые формируются в момент перехода через ноль напряжения на фазе В. Схема работает следующим образом. Фототранзисторы обоих оптопар оптрона DD1 включены между собой параллельно и обеспечивают низкий уровень сигнала на входе импульсного формирователя DD3.1, если хотя бы один из транзисторов открыт. Поскольку светодиоды этих оптопар включены встречно-параллельно, то хотя бы один из фототранзисторов находится в открытом состоянии, если напряжение на светодиодах превышает порог их свечения при любой полярности сетевого напряжения. В момент

перехода через ноль оба фототранзистора закрываются, в результате чего на входе формирователя DD3.1 возникает напряжение высокого логического уровня. Через формирователи DD3.1, DD3.2, которые предназначены для устранения дребезга на фронтах, это напряжение поступает в базу транзистора VT2, подключенного открытым коллектором к магистральной линии Z0. На магистрали в этот момент формируется импульс низкого логического уровня длительностью 500...800 мкс.

Сформированный в момент перехода через ноль сетевого напряжения импульс используется также для синхронизации открывания и закрывания оптодиристора главной цепи. Этот импульс поступает на тактовый вход триггера DD4.1, обеспечивая синхронизацию его переключения с фазой сетевого напряжения. Если на вход D триггера поступает низкий логический уровень программно-генерируемого сигнала EX_ON, то в момент следующего ближайшего перехода через ноль сетевого напряжения на фазе В триггер будет сброшен, и напряжение низкого логического уровня с его выхода откроет транзисторный ключ VT1, обеспечив питание управляющих светодиодов оптодиристора главной цепи током 200 мА. Величина управляющего тока зависит от номинала резистора R14. Для предустановки триггера в исходное состояние служит цепочка С6, R27. LC-фильтр L1, C1, C2, C3 предназначен для уменьшения импульсной нагрузки на источник питания в момент открытия транзисторного ключа VT1.

В блоке установлен измерительный трансформатор сетевого напряжения TR1, который подключен к фазе В через контакт 5В разъема XVВ. Калибровка измерительной цепи выполняется с помощью потенциометра R12. Напряжение с его выхода через контакт 5 разъема XVV поступает в модуль VM03 для измерения (см. рис.3 альбома схем).

Для измерения анодного тока рентгеновской трубки в разрыв вторичной обмотки высоковольтного трансформатора включен измерительный шунт, который конструктивно расположен в модуле VB01 и состоит из 4 резисторов R17...R21, включенных параллельно. Для защиты от перенапряжения установлены два встречно включенных стабилитрона VD5, VD6. Напряжение с шунта через резистор R29 и контакт 1 разъема XVV поступает в модуль VM03 для дальнейшей обработки.

Высоковольтный трансформатор УПР содержит специальную измерительную обмотку для контроля уровня высокого напряжения, которое имеет коэффициент трансформации, равный единице по отношению к первичной обмотке. Для согласования контрольного напряжения по уровню применен делитель R16, R18, который также защищен от перенапряжения с помощью стабилитрона VD3, VD4.

Конструктивное расположение элементов блока показано на рис.24 альбома схем. В отличие от других модулей крейта блок VB01 снабжен более мощным стыковочным разъемом и имеет индивидуальное посадочное место в крейте.

10.4 Модуль цифро-аналогового преобразователя FM02

Модуль предназначен для формирования опорного напряжения, управляющего работой широтно-импульсного преобразователя, а также для контроля системы токовой защиты этого преобразователя. Электрическая принципиальная модуля показана на рис. 25 альбома схем, а схема расположения элементов — на рис. 26.

В состав блока входят:

- восьмиразрядный регистр хранения кода управляющего напряжения (DD1);
- регистр кода разработки (DD2);
- дешифратор номера адресной страницы (DD4);
- дешифратор магистральных команд (построен на микросхемах DD3, DD5);
- интегральный цифро-аналоговый преобразователь (DA1, DA2.1);
- опорный источник напряжения (построен на элементах VT1, VD1, DA2.2);
- масштабирующий усилитель (DA2.3).

При поступлении команды записи по произвольному адресу в пределах адресной страницы модуля происходит фиксация состояния шины данных D0..D7 в регистр DD1. Если старший адрес A15 при этом сброшен до нулевого уровня, то на выводе 10 микросхемы DD5 формируется высокий логический уровень, приводящий к открытию транзистора VT2 и формированию сигнала сброса системы защиты широтно-импульсного преобразователя. Если запись производится по старшим адресам адресной страницы (более 8000h), то сигнал сброса при записи кода не формируется.

С выхода регистра DD1 записанный код поступает на вход интегрального аналого-цифрового преобразователя DA1 и преобразуется в пропорциональный аналоговый сигнал отрицательной полярности, который формируется на выводе 14 микросхемы DA2. Этот сигнал поступает на вход инвертирующего усилителя с регулируемым коэффициентом передачи, который реализован на основе операционного усилителя DA2.3. С выхода этого усилителя положительное напряжение управления через резистор R14 поступает на соответствующий контакт разъема XFV.

По команде чтения со старших адресов (более 8000h) сигнал высокого уровня через элементы DD5.2, DD5.2 поступает на разряды A3, A5 микросхемы DD2, благодаря чему на шину данных помещается код разработки модуля 28h. Если чтение производится по младшим адресам, состояние разрядов D3, D5 будет соответствовать состоянию триггера защиты широтно-импульсного регулятора, которое передается в модуль в виде сигнала IFU через 4 контакт разъема XFV. При срабатывании защиты включается индикационный светодиод VL1, а вместо кода разработки по адресу 0000h будет читаться код 0.

Источник опорного напряжения построен на основе стабилитрона VD1. Питание его осуществляется от стабилизатора тока (транзистор VT1). Опорное напряжение через сглаживающий фильтр R4C13 и повторитель напряжения DA2 поступает на соответствующий вход цифро-аналогового преобразователя DA1.

Инвертор напряжения на основе операционного усилителя DA2.4 является резервным и в модуле не используется.

Питание модуля осуществляется напряжениями +15 В, -15 В, поступающими в модуль с магистрали, а также напряжением +5 В, которое обеспечивается интегральным стабилизатором DA3.

10.4.1 Система команд модуля FM02

WR N 0000h FUh — запись байта данных FU в командный регистр со сбросом триггера защиты.

По этой команде в регистр цифро-аналогового преобразователя записывается код напряжения, команда сопровождается генерацией сигнала сброса триггера защиты SBR.

WR N 8000h FUh — запись байта данных FU в командный регистр.

По этой команде в регистр цифро-аналогового преобразователя записывается код напряжения, команда выполняется без генерации сигнала сброса триггера защиты SBR.

RD N 0000h — чтение состояния триггера защиты.

RC =

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	SF	0	SF	0	0	0

SF — биты состояния триггера защиты по току («1» — защита не установлена, «0» — установлена).

RD N FFFFh — чтение индивидуального кода модуля

По этой команде на шину данных помещается код номера разработки модуля FM02: **28h**.

10.5 Блок широтно-импульсного регулятора VC34

Блок предназначен для регулирования амплитудного значения напряжения, прикладываемого к первичной обмотке высоковольтного трансформатора. Общая принципиальная схема блока показана на рис. 27 альбома схем.

В состав блока входит плата управления регулятором мощности VC34-PU, плата регулятора мощности VC34-PWM с нагрузочным резистором R15, диодный мост VD7..VD10, электронный коммутатор на тиристорной сборке VD11 с гасящей цепочкой R20, C17 и фильтр высокой частоты на элементах C15, TR1, C16.

Напряжение фазы В с контакта KT2 через тиристорный коммутатор и высокочастотный фильтр поступает на диодный мост, который включен последовательно с первичной обмоткой высоковольтного трансформатора (сигнал FV, см. рис. 3 альбома схем). Плата регулятора мощности выполняет функции управляемого резистора, включенного в диагональ диодного моста, с помощью которого осуществляется регулирование амплитуды переменного напряжения на первичной обмотке.

Управление блоком осуществляется с помощью аналогового сигнала VCU, который определяет уровень ограничения синусоидального напряжения, и сигнала VON — токового сигнала управления оптотиристором VD11.

10.5.1 Плата управления регулятором мощности VC34-PU

Электрическая принципиальная схема платы управления показана на рис. 28 альбома схем, а на рис.29 — схема расположения элементов.

Сигнал обратной связи VDU с контрольного отвода вторичной обмотки высоковольтного трансформатора поступает на частотно компенсированный делитель R3, C22 - R2, C21, который снижает его амплитуду до единиц вольт при сохранении формы. Стабилитрон VD1 предназначен для защиты от перенапряжения. Через повторитель DA1.1 сигнал обратной связи прикладывается ко входу активного выпрямителя, который собран на операционных усилителях DA1.2, DA1.3, диодах VD2, VD3, резисторах R4..R6, R9..R11, R15. Выпрямленный сигнал через резистор R18 поступает для сравнения с опорным напряжением управления на вход операционного усилителя DA1.4. На основе данного операционного усилителя выполнен усилитель сигнала рассогласования системы автоматического регулирования напряжения. Для подавления возбуждения системы в цепь обратной связи этого каскада включена цепочка R20, C6. Диод VD6 необходим для ограничения динамического диапазона выходного напряжения.

Усиленный сигнал рассогласования через резистор R22 поступает на вход формирователя широтно-импульсного сигнала, собранного на базе компаратора DA2. Формирователь работает по следующему принципу.

При включении питания конденсатор C5 разряжен, поэтому напряжение около +10 В, поступающее на прямой вход компаратора DA2.1 с делителя R7, R8, удерживает компаратор в таком состоянии, когда его выходной транзистор закрыт. Напряжение на конденсаторе C5 начинает линейно нарастать, так как конденсатор заряжается от источника тока, собранного на транзисторе VT1. При достижении установленного верхнего порога опорного напряжения происходит переключение компаратора, его выходной транзистор открывается, и к делителю напряжения R7, R8 подключается дополнительная нагрузка в виде резистора R12. Уровень опорного напряжения на прямом входе компаратора снижается примерно до двух вольт, надежно фиксируя текущее состояние компаратора. При этом начинается разряд конденсатора C5 через цепочку VD5, R17 и открытый выходной транзистор компаратора DA2.1. Когда напряжение на конденсаторе опускается до нижнего опорного уровня,

происходит переключение компаратора, и схема переходит в исходное состояние. Описанные выше процессы повторяются с периодом около 10 мкс, формируя на инверсном входе компаратора DA2.2 пилообразное напряжение с частотой 100 кГц. На выходе этого компаратора образуется широтно-импульсный сигнал, скважность которого зависит от уровня напряжения, приложенного к прямому входу, т.е. от уровня усиленного сигнала рассогласования.

Работа широтно-импульсного формирователя может быть заблокирована высоким уровнем напряжения, прикладываемым через диод VD7 с триггера защиты (RS-триггер собран на основе элементов микросхемы DD1).

При включении питания триггер устанавливается в исходное состояние, при котором на 10 выводе микросхемы DD1 присутствует высокий уровень напряжения, а на 11 выводе — низкий. При превышении допустимого тока регулировочных транзисторов на вход платы поступает низкий уровень сигнала FUSE, который устанавливает триггер в активное состояние. На 10 выводе микросхемы DD1 появляется низкий логический уровень, который приводит к включению индикатора срабатывания защиты VL1. Транзистор VT2 при этом закрывается, а VT3 — открывается, формируя низкий уровень сигнала VER, который поступает в модуль FM02 для программного анализа. Работа широтно-импульсного формирователя при этом блокируется.

Плата содержит также преобразователь напряжения, собранный на основе микросхемы DA3 и трансформатора TR1, который обеспечивает питанием -12В операционные усилители платы, а также напряжением ± 14 В — выходные каскады регулятора мощности на плате VC34-PWM.

10.5.2 Плата регулятора мощности VC34-PWM

Электрическая принципиальная схема платы регулятора показана на рис. 30 альбома схем.

Широтно-импульсный сигнал с платы управления через контакты P1, P8 поступает на оптрон DD1, который предназначен для гальванической развязки силовых цепей и цепей управления. С выхода оптрона сигнал подается на 4 формирователя (микросхемы DD2, DD3) и после усиления — в затворы полевых транзисторов VT1..VT4, которые включены параллельно. Для уменьшения взаимного влияния транзисторов друг на друга применены дроссели L1..L4.

При активном уровне управляющего сигнала полевые транзисторы открываются, и через них начинает протекать линейно нарастающий ток. Скорость нарастания тока ограничена индуктивностью дросселя L7. При закрытии транзисторов накопленная в дросселе энергия сбрасывается через диод VD5 на низкоомный транзистор R15. Среднее значение тока протекающего через регулировочный каскад, определяется соотношением времени закрытого и открытого состояний транзисторов. Для подавления высокочастотных составляющих на плате установлены конденсаторы фильтров C3, C4 и C9, C10.

В истоковую цепь транзисторов включен шунт системы защиты по току R14. Если напряжение на нем начинает превышать порог срабатывания защиты, то компаратор DA1.1 изменяет свое состояние и формирует сигнал, который через оптрон DD4 поступает на вход установки триггера защиты, расположенного на плате управления.

Регулятор мощности выполнен в виде платы с двухсторонним монтажом элементов, расположение которых показано на рис. 31 альбома схем.

11 Система внешних соединений

Для управления электромеханическими приводами, освещением, для синхронизации внешних дополнительных устройств в составе УПР предусмотрен модуль НМ05. Установка модуля в крейт не является необходимым условием для работы системы в целом. При необходимости этот модуль может быть заменен другим модулем, разработанным под конкретную конфигурацию рентгенодиагностического аппарата или же полностью отсутствовать в системе.

11.1 Модуль внешних соединений НМ05

Принципиальная схема модуля показана на рис. 36, а принципиальная схема внутренних соединений ПЛМ — на рис. 37. Модуль представляет собой набор регистров аппаратного управления, которые подключены к системной магистрали крейта с помощью соответствующего интерфейса, а также формирователей выходных сигналов. Модуль построен на основе программируемой логической матрицы DD1.

Магистральный интерфейс модуля построен на базе элементов ПЛМ и реализует общие принципы построения интерфейса ОМ16-ММ. Модуль настроен на 5 адресную страницу с помощью джамперов JMP2..JMP5.

Аппаратный регистр 15 доступен для записи по адресу 4000h и предназначен для формирования сигнала управления электромеханическими приводами флюорографической кабины. Регистр 16 (адрес записи 8000h) формирует сигналы управления вспомогательными устройствами (включение освещения, вентиляторов, формирование сигналов синхронизации внешних устройств). Для чтения состояния внешних устройств в ПЛМ организован регистр 99, который помещает на шину данных контрольные сигналы при запросе по адресу 8000h.

Если на магистрали крейта установлен адрес 0FFFFh требуемой адресной страницы, то с помощью мультиплексора 25 на шину данных будет помещен код разработки модуля.

Модуль предусматривает возможность установки адаптера последовательной связи на базе однокристалльной ЭВМ DD4, которая в данном варианте УПР не используется.

Для формирования необходимых логических уровней выходных сигналов предусмотрены инверторы с открытым коллектором (DD2, DD3). Сигналы внешней синхронизации QS1, QS2 формируются с помощью транзисторных каскадов VT2 и VT3. Канал ввода внешнего сигнала QRD предусматривает гальваническую развязку с помощью оптрона DD2.

Питание цифровых схем осуществляется от двух интегральных стабилизаторов DA1 (+5 В) и DA7 (+3,3 В).

Схема расположения элементов модуля показана на рис. 38 альбома схем.

12 Система электропитания устройства

Питание всех электронных модулей и блоков в составе крейта системы управления осуществляется напряжениями +7,5В, +15В и -15В. Функциональные узлы схемы, потребляющие повышенную мощность, запитаны от источника стабилизированного напряжения +12В.

Для получения необходимых питающих напряжений в устройстве предусмотрено применение блока питания РВ02, который построен по принципу высокочастотного преобразователя со стабилизацией выходного напряжения и защитой от короткого замыкания. Первичное питание блока осуществляется переменным напряжением 220 В, 50 Гц. Блок имеет трансформаторную развязку вторичных цепей и обеспечивает прочность изоляции не менее 1500 В.

Для подавления импульсных помех в системе питания используется сетевой фильтр FB01, который устанавливается в крейте системы управления.

12.1 Блок питания РВ02

Импульсный блок питания РВ02 построен по схеме однотактного преобразователя напряжения с обратным включением диода. Частота преобразования — 33 кГц. На входе блока питания стоит сетевой фильтр на элементах L1C1. Затем, переменное напряжение питающей сети через диодный выпрямитель VD1...VD4 и ограничительный резистор R1 заряжает емкость C3. Это постоянное напряжение преобразуется в напряжение высокой частоты с помощью стабилизирующего преобразователя. Контроллер преобразователя DA1 управляет работой высоковольтного ключа VT1, в цепь стока которого включена первичная обмотка 1-2 импульсного трансформатора Tr1. Напряжение питания для контроллера поступает с обмотки 3-4, выпрямляется диодом VD6 и заряжает емкость C5. В начальный момент запуска преобразователя емкость C5 заряжается от сетевого источника через резистор R2. Контроллер по питанию имеет гистерезис: включение — 16 В; выключение — 11 В. Цепочка R9C9 задает рабочую частоту 33 кГц. Через оптрон DA2 на контроллер поступает напряжение обратной связи. На транзисторе VT2 собран каскад сравнения. Вторичная обмотка трансформатора имеет несколько отводов, которые подключены к соответствующим выпрямителям для получения напряжений +15 В, -15 В, +12 В, +7,5 В. По цепи ± 15 В стоят интегральные стабилизаторы DA3 и DA4. Общая стабилизация выходного напряжения осуществляется по двум каналам: +7,5 В и +12 В.

12.2 Фильтр сетевой FB01

Фильтр предназначен для подавления синфазных и паразитных импульсных и высокочастотных помех в цепях питания системы управления. Через фильтр запитан блок питания крейта РВ02. Схема электрическая принципиальная и схема расположения элементов показаны на рис. 34, 35 альбома схем.

Оба токоведущих провода питающей сети подключены к Г-образным LC-фильтрам, собранным на элементах C1, DR1 и C2, DR2. Эти фильтры выполняют фильтрацию питающего напряжения от высокочастотных и импульсных составляющих, присутствующих на проводах питающей сети относительно корпуса устройства.

Далее питающее напряжение поступает на двойной совмещенный LC-фильтр на элементах C3, DR3, предназначенный для подавления синфазных помех. С выхода фильтра напряжение выводится через контакты А6, В5 разъема ХР3.

13 Система командного управления

Питающее устройство выполняет все рабочие и технологические операции по командам управления, поступающим в контроллер системы управления по линии последовательной связи.

Управление УПФ может осуществляться с помощью компьютера, снабженного специальным программным обеспечением, или с помощью микропроцессорного пульта управления. Порядок подготовки и выполнения снимка при управлении с пульта подробно описан в инструкции по эксплуатации.

В таблице 2 приведен перечень команд, которые генерируются пультом управления при выполнении оператором тех или иных действий. Во втором столбце таблицы представлен полный формат команд, а третий столбец — содержит ответы системы управления, которые передаются в линию связи при нормальном выполнении процессов.

Таблица 3 содержит полный перечень команд управления питающим устройством, которые могут использоваться в рабочем режиме и в различных технологических режимах при управлении УПФ с помощью компьютера.

13.1 Пульт управления

Схема электрическая принципиальная пульта управления и схема расположения элементов показаны на рис. 39, 40 альбома схем.

Основу схемы составляет микроконтроллер DD1. Для передачи команд оператора в микроконтроллер предусмотрен набор клавиш S1..S38, расположение и назначение которых описано в инструкции по эксплуатации питающего устройства. В схеме применена матричная организация клавиатуры с размерностью 5×8. Строблирующие сигналы опроса клавиатуры формируются портом P0 микроконтроллера, а чтение состояния клавиатуры производится портом P1.

Для чтения состояния кнопки дистанционного выполнения снимка, которая подключается к разъему ХПК пульта, используются биты P3.4, P3.5 порта P3 микроконтроллера.

Порт P0 микроконтроллера совместно с магистральным усилителем DD3 формируют внутреннюю шину данных пульта. По этой шине цифровая информация передается в регистры динамической индикации DD5..DD8, а также в регистры управления светодиодной индикацией DD9..DD11 и DD16..DD18.

Блоки светодиодов, подсвечивающих кнопки и индикаторы пульта, запитаны напряжением +12 В, поэтому в качестве коммутаторов светодиодных цепей применены микросхемы с высоковольтными выходами типа К155ЛН3 (DD12..DD15).

Светодиоды индикатора тепловой нагрузки трубки работают автономно и запитаны напряжением +5 В. Управление этими светодиодами производится непосредственно выходными сигналами регистра DD16..DD18.

Для организации связи с силовым блоком питающего устройства пульт содержит транзисторный усилитель-формирователь сигналов последовательного порта, собранного на транзисторах VT4..VT6.

Стабилизация тактовой частоты процессора производится с помощью кварцевого резонатора на частоте 22,1184 МГц.

Для первоначального запуска процессора и повторных перезапусков при возникновении аварийных ситуаций схема содержит формирователь сигналов сброса. Работает она по следующему принципу.

При включении напряжения питания микросхема DD2 вырабатывает начальный сигнал RESET, который с 5 вывода микросхемы поступает на соответствующий вход микроконтроллера, а с 6 вывода — в инверсном виде на силовой блок питающего

устройства. Повторную генерацию этого сигнала может вызвать снижение напряжения питания +5 VP более, чем на 5% или формирование низкого логического уровня на 1 выводе микросхемы DD2.

Низкий уровень этого сигнала устанавливается отпиранием транзистора VT3, что происходит при разряде конденсатор C2 ниже порогового уровня открытия транзистора VT2. Если питающее устройство находится во включенном состоянии, кнопка S39 (Вкл./выкл.) подсвечена и на вход элемента DD15.2 подан высокий логический уровень, соответственно выходной транзистор этого элемента открыт. При нажатии кнопки S39 конденсатор C2 быстро разряжается через резистор R1 и выходной транзистор элемента DD15.2, что приводит к генерации сигналов сброса как в пульте, так и в силовом блоке, а соответственно — к выключению системы.

Если силовые цепи питающего устройства выключены, кратковременное нажатие на кнопку S39 не вызывает сброса, т. к. выходной транзистор элемента DD15 закрыт и конденсатор C2 не успевает разрядиться ниже уровня срабатывания. Но при длительном удержании кнопки разряд конденсатора происходит по цепи S39, R2, R3, и сигнал сброса будет прогенерирован примерно при секундном удержании кнопки. Этот режим цепи сброса может быть использован для восстановления работоспособности системы при зависании процессоров независимо от ее состояния.

Питание всей цифровой логики пульта управления осуществляется от импульсного преобразователя напряжения, собранного на основе микросхемы DA1.

Таблица 2 – Генерация команд пультом управления

Событие	Команда	Ответ
Нажатие клавиши «Включить флюорограф»	01 4D 01 47	01 E0 01 E1
Нажатие клавиши «Выключить флюорограф»	01 40	01 E0
Нажатие клавиши «Увеличить значение Uv»	05 03 Uv+1 Ia Exh Exl	05 83 Uv+1 Ia Exh Exl
Удержание клавиши «Увеличить значение Uv»	05 03 Uv+10 Ia Exh Exl	05 83 Uv+10 Ia Exh Exl
Нажатие клавиши «Уменьшить значение Uv»	05 03 Uv-1 Ia Exh Exl	05 83 Uv-1 Ia Exh Exl
Удержание клавиши «Уменьшить значение Uv»	05 03 Uv-10 Ia Exh Exl	05 83 Uv-10 Ia Exh Exl
Нажатие клавиши «Увеличить значение Ia»	05 03 Uv Ia+1 Exh Exl	05 83 Uv Ia+1 Exh Exl
Удержание клавиши «Увеличить значение Ia»	05 03 Uv Ia+10 Exh Exl	05 83 Uv Ia+10 Exh Exl
Нажатие клавиши «Уменьшить значение Ia»	05 03 Uv Ia-1 Exh Exl	05 83 Uv Ia-1 Exh Exl
Удержание клавиши «Уменьшить значение Ia»	05 03 Uv Ia-10 Exh Exl	05 83 Uv Ia-10 Exh Exl
Нажатие клавиши «Увеличить значение Техр»	05 03 Uv Ia Exh Exl+1	05 83 Uv Ia Exh Exl+1
Удержание клавиши «Увеличить значение Техр»	05 03 Uv Ia Exh Exl+10	05 83 Uv Ia Exh Exl+10
Нажатие клавиши «Уменьшить значение Техр»	05 03 Uv Ia Exh Exl-1	05 83 Uv Ia Exh Exl-1
Удержание клавиши «Уменьшить значение Техр»	05 03 Uv Ia Exh Exl-10	05 83 Uv Ia Exh Exl-10
Первое нажатие клавиши «Снимок»	01 49	01 E1
Второе нажатие клавиши «Снимок»	01 4B	01 E1
Нажатие клавиши «Отмена подготовки» в режиме подготовки	01 4A	01 E1
Нажатие клавиши «Отмена подготовки» в режиме выполнения экспозиции	01 53	01 E1
Нажатие клавиши «Отмена подготовки» в режиме установки аварии системы	01 54	01 E0
Нажатие первого упора выносной кнопки управления экспозицией	01 49	01 E1
Отпускание первого упора выносной кнопки управления экспозицией	01 4A	01 E1
Нажатие второго упора выносной кнопки управления экспозицией	01 4B	01 E1
Отпускание второго упора выносной кнопки управления экспозицией	01 53	01 E1
Нажатие клавиши «Изменить режим синхронизации выполнения снимка»	04 22 00 00 41 S=NOT(S) 05 01 00 00 41 0S	02 A2 0S 01 E0
Нажатие клавиши	02 30 NR	05 B0 Uv Ia Exh Exl

«Включить стандартный режим экспозиции номер NR»	05 03 Uv Ia Exh ExI	05 83 Uv Ia Exh ExI
Нажатие клавиши «Движение подножки вверх»	01 4E	01 E1
Отпускание клавиши «Движение подножки вверх»	01 50	01 E1
Нажатие клавиши «Движение подножки вниз»	01 4F	01 E1
Отпускание клавиши «Движение подножки вниз»	01 50	01 E1
Нажатие клавиши «Аварийное открывание двери»	01 51	01 E1

Таблица 3 – Команды управления УГР

Код HEX	Содержание команды	Полный формат команды
1	2	3
<i>Команды типа «принять»</i>		
00	Записать во внутреннее ОЗУ данные D1...D(L-2), начиная с адреса Ad	0L 00 Ad D1 ... D(L-2)
01	Записать данные D1...D(L-2), начиная с адреса Ad=256·Ah+Al адресной страницы Sd	0L 01 Sd Ah Al D1...D(L-2)
02	Записать байт данных D1 в порт PN (N=0...3)	03 02 0N D1
03	Принять параметры снимка Uv, Ia, Exh, Exl	05 03 Uv Ia Exh Exl
10	Записать текущ. Параметры снимка для стандартного режима: R — режим, P — полнота	02 10 RP
<i>Команды типа «передать»</i>		
20	Передать байт из адреса Ad внутреннего ОЗУ	02 20 Ad
21	Передать 0С байт с адреса Ad внутреннего ОЗУ	03 21 0C Ad
22	Передать байт из адреса Ad=256·Ah+Al адресной страницы Sd	04 22 Sd Ah Al
23	Передать 0С байт начиная с адреса Ad=256·Ah+Al адресной страницы Sd	05 23 0C Sd Ah Al
24	Передать байт состояния устройства	01 24
25	Передать содержимое порта 0N (N=0..3)	02 25 0N
26	Передать тип аварии	01 26
27	Передать значение счетчика Cn (Cn=0..2)	01 26 Cn
2E	Передать код разработки	01 2E
2F	Передать номер версии программного обеспечения	01 2F
30	Передать параметры стандартного режима снимка R — режим, P — полнота	02 30 RP
<i>Команды типа «выполнить»</i>		
40	Выполнить программный сброс устройства	01 40
41	Раскрутить анод трубки	01 41
42	Остановить анод трубки	01 42
43	Измерить напряжение на аналоговом канале As(As=1..4)	02 43 As
44	Проверить контрольную сумму блока Ah=00...FF внешнего ОЗУ	02 44 Ah
45	Обновить контрольную сумму блока Ah=00...FF внешнего ОЗУ	02 45 Ah
46	Выключить ток накала	01 46
47	Включить режим поднакала	01 47
48	Включить режим тока накала с параметром Pn (Pn=256·Ph+Pl=000h...3FFh)	03 48 Ph Pl
49	Включить режим подготовки к снимку	01 49
4A	Выключить режим подготовки к снимку	01 4A
4B	Выполнить снимок	01 4B
4C	Подтвердить выполнение снимка	01 4C
4D	Включить флюорограф	01 4D
4E	Включить движение подножки вверх	01 4E
4F	Включить движение подножки вниз	01 4F
50	выключить движение подножки	01 50
51	Включить аварийное открывание дверей	01 51
52	Включить подготовку снимка с непосредственными параметрами I _n h, I _n l, E _x h, E _x l	05 52 I _n h I _n l E _x h E _x l
53	Прервать экспозицию	01 53

1	2	3
54	Обнулить байт аварии главной программы	01 54
<i>Команды типа «дополнительные»</i>		
61	Определить максимальное и минимальное значение U_v и I_a на периоде NP ($NP \leq T_{exp}$)	02 61 NP
<i>Коды ответов системы управления</i>		
E0	Команда выполнена	
E1	Команда принята и начато ее выполнение	
E2	Выполняется предыдущая команда	
E5	Включено высокое напряжение	
F0	Команда не выполнена BR - код аварии	02 F0 BR
F1	Команда не может быть выполнена	
FB	Несоответствие контрольной суммы в блоке внешней памяти	
FC	Аппаратная авария устройства	
FD	Принята неверная контрольная сумма	
FE	Ошибка обмена	
FF	Некорректная команда	

14 Блок управления кабиной

14.1 Назначение

Блок управления кабиной флюорографа АВ02 предназначен для управления приводами подвижных механизмов кабины, вентилятора рентгеновской трубки и освещением кабины, а также для согласования сигналов о состоянии коллиматора и отсеивающего раstra.

В блоке предусмотрены резервные каналы управления силовой нагрузкой ~220 Вольт / 5А, управления реле реверса подножки, гальванически развязанный канал обмена данными с внешней системой управления.

14.2 Технические характеристики

Основные технические характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 4

№	Технический параметр	Значение	Примечания
1	Напряжение питания трехфазной сети, В	380 / 220	(лин./фазное), 5Гц
2	Допустимое отклонение питающего напряжения, %	- 10 ...+ 10	
3	Максимальный рабочий ток нагрузки привода двери, А	5	~220В, 50 Гц
4	Максимальный рабочий ток нагрузки привода подножки, А	5	~380В, 50 Гц
5	Максимальный рабочий ток нагрузки освещения кабины, А	1	~220В, 50 Гц
6	Максимальный рабочий ток нагрузки резервного канала, А	3	~220В, 50 Гц
7	Максимальный рабочий ток нагрузки вентилятора , А	1	~220В, 50 Гц
8	Максимальный рабочий ток нагрузки реле реверса , А	1	~220В, 50 Гц
9	Ток сигналов управления: DLO, DLC, DRO, DRC, STD, STU мА	- 6	относительно напряжения +6V
10	Ток сигналов управления: LON, FON, QON, мА	- 10	относительно напряжения +6V
11	Входное сопротивление токовой петли канала данных, ONHV, кОм	3	относительно GND2
12	Выходное напряжение токовой петли канала данных, REX, В	6	относительно GND
13	Максимальный ток нагрузки по выходным сигналам BAC, KOL, DBV, мА	10	выходной каскад ОК
14	Максимальное напряжение по выходным сигналам BAC, KOL, DBV, В	5	

14.3 Принцип работы блока

Схема подключения блока управления к механизмам и цепям кабины приведена на рис.41 альбома схем.

Работу блока управления кабиной можно рассмотреть по принципиальной схеме, которая приведена на рис.42 альбома схем. Далее по тексту нумерация элементов соответствует схеме электрической принципиальной, за исключением отдельно оговоренных случаев.

Формирование сигналов управления исполнительными устройствами кабины выполнено по трем схемным решениям:

- а) управления приводами дверей флюорографа;
- б) управления приводом подножки флюорографа;
- в) управления осветителем, реле реверса подножки, вентилятором трубки.

Приводы левой и правой дверей выполнены на трехфазных двигателях М1 и М2 (см. рис. 41), которые включены по схеме треугольника и питаются от однофазной сети 220В / 50Гц с фазосдвигающими конденсаторами С1 и С2. Открывание двери происходит при подаче силового напряжения $\sim 220\text{В}$ на вывод В двигателя М1 относительно нулевого провода, который подключен к выводу А, а вывод С подключен через фазосдвигающий конденсатор С1 к выводу В. Закрывание дверей происходит при подаче силового напряжения $\sim 220\text{В}$ на вывод С двигателя М1, а вывод В подключен через фазосдвигающий конденсатор С1 к выводу С.

Коммутация силового напряжения $\sim 220\text{В}$ для приводов дверей флюорографа выполнена на симисторах VD11-VD14 с демпфирующими цепочками С4-С7, R67-R70. Включение симисторов происходит в момент перехода переменного напряжения через ноль, что исключает появление импульсных помех и больших пусковых токов через симисторы. Схема выделения перехода напряжения через ноль и гальванической развязки от напряжения $\sim 220\text{В}$ выполнена на оптосимисторах DD5-DD8 (MOC3163). Включение привода левой двери производится установкой одного из сигналов DLO или DLC (дверь левую открыть или закрыть) на уровень логического нуля, причем при одновременно активных сигналах $DLO = 0$ и $DLC = 0$ происходит логическое блокирование на элементах DD1.1-DD1.3 и ни одна из команд не выполняется. При достижении конечного положения левой двери (полное открывание или полное закрывание) срабатывают концевые выключатели S12 или S13 (рис. 41), которые блокируют дальнейшую подачу силового напряжения на двигатель, разрывая цепь питания +6V одного из оптронов DD5 или DD6 (цепи DRBO и DRBC). Сведения о положении полностью закрытой двери снимаются с концевой выключателя S14.1 (рис. 41) и через согласователь уровня (оптрон DD11.2) в виде сигнала DBV подаются в систему блокировки высокого напряжения рентгеновской трубки (при открытой двери). Состояние сигнала $DBV = 0$ соответствует закрытому положению двери. Если в конструкции кабины предусмотрена только одна дверь, то необходимо на коммутационной колодке неиспользуемой двери объединить сигналы +6V и DRCL(R), т.е. имитировать закрытое состояние двери.

Управление приводом правой двери производится по сигналам DRO, DRC (дверь правую открыть, дверь правую закрыть). Логика управления работой правой и левой двери одинаковы.

Привод подножки выполнен на трехфазном двигателе М3 (см. рис. 1), включенном по схеме треугольника в сеть $\sim 380\text{В}$. Подъем подножки происходит при коммутации фазных напряжений FAZA A, FAZA B и FAZA C на выводы двигателя соответственно А, В, С. Реверс двигателя выполняется путем перекоммутации напряжения FAZA C на вывод В, а FAZA B — на вывод С.

Коммутация силового напряжения $\sim 380\text{В}$ для привода подножки кабины флюорографа выполнена на оптотиристорах VD21-VD30 с демпфирующими цепочками на

элементах C20-C24, R109-R113 по мостовой схеме подключения нагрузки (выводы В и С двигателя М3) для обеспечения реверса двигателя. Подача силового напряжения FAZA А на вывод А двигателя осуществляется с помощью оптотиристоров VD29, VD30. Все коммутации оптотиристоров происходят в момент перехода напряжения через ноль, что исключает появление импульсных помех и больших пусковых токов через коммутационные элементы. Схема синхронизации момента включения оптотиристоров с напряжением сети выполнена на оптронах DD16-DD20 и резисторах R94-R103.

По команде $STD = 0$ (подножку опустить) происходит открывание транзисторов VT7, VT8 и VT10, что через транзисторы VT12, VT13 и VT15 разрешает включение оптотиристоров VD21-VD24 и VD27-VD28.

По команде $STU = 0$ (подножку поднять) происходит открывание транзисторов VT7, VT9 и VT11, что через транзисторы VT12, VT14 и VT16 разрешает включение оптотиристоров VD21-VD22, VD25-VD26 и VD29-VD30. Для предотвращения включения оптотиристоров VD21-VD30 при начальном включении питания блока цепочка начального сброса VD15, R71, R72, C11, R73, VD31, VT6 и VD11-VD14, VD16, которая в течение 3...5 секунд блокирует открывание транзисторов VT7-VT11. Для предотвращения сквозного включения оптотиристоров мостовой схемы коммутации силового напряжения при переходе от одной команды к другой (подножку поднять/опустить или наоборот) служат цепочки задержки на 50 мс на элементах VD9, R64, C8 и VD10, R65, C9. При одновременном выполнении команд STU и STD (режим ошибки управления) срабатывает блокировка на элементе DD13.2 и запрещается работа всех дешифраторов команд DD14-DD15. При достижении подножкой конечного положения (полностью опущенное или полностью поднятое) срабатывают концевые выключатели привода, которые блокируют дальнейшую подачу силового напряжения на двигатель (снимают питание +10V с коллекторных цепей транзисторов VT13-VT16 по цепям STBU и STBD). Такое же блокирование происходит при попытке передвижения подножки при закрытых дверях флюорографа.

При использовании реверсирования двигателя через 4-х контактные переключаемые пускатели предусмотрен резервный канал на симисторе VD32 со схемой управления на элементах DD1.4, DD2.4, VT17, DD21. По команде STU включается оптосимистор DD21 и мощный выходной каскад на симисторе VD32. Все включения происходят в момент перехода переменного напряжения через ноль.

Управление освещением кабины флюорографа, вентилятором рентгеновской трубки и резервным каналом выполнено однотипными схемами с использованием маломощных оптосимисторов DD3-DD4, DD9 (MOC3163) с мощными выходными каскадами на симисторах VD5-VD7. Все включения происходят в момент перехода переменного напряжения через ноль.

Модуль имеет формирователи по вводу данных о положении коллиматора и состоянии отсеивающего раstra рентгеновской трубки. Данные с концевых выключателей коллиматора и отсеивающего раstra поступают на оптроны DD12.1- DD12.2 и с выходных транзисторов, включенных по схеме с открытым коллектором, сигналы ВАС и KOL поступают на систему управления питающим устройством.

Гальванически развязанный канал обмена данными с внешней системой управления реализован на элементах DD10.1 и VT5.

Питание блока осуществляется от трансформатора TR1 (рис. 41) ~220В/ ~8В,1А. Выпрямленное напряжение +10V используется для получения стабилизированного напряжения +6V и для питания светодиодов оптотиристоров VD21-VD30. Стабилизатор +6V выполнен на микросхеме DA1. Напряжение +6V используется для питания всех цифровых микросхем серии K561 (DD1-DD2, DD13-DD15) и светодиодов оптосимисторов. Нагрузочный резистор R121 необходим для быстрого разряда конденсаторов C12, C16-C17 и C11, что обеспечивает при кратковременном пропадании напряжения питания блокировку работы оптотиристоров мостовой схемы переключения напряжения двигателя подножки.

Модуль содержит два разъема X1 и X2 для подключения управляющих устройств. Исходное состояние всех входных цепей — высокий логический уровень (+6V), а активное состояние — низкий логический уровень (0V), который может устанавливаться на входе схемы путем замыкания на общий провод с помощью кнопок управления или каскада с открытым коллектором. Это позволяет логически объединить внешние сигналы системы управления, поступающие по кабелю с блока питающего устройства, с сигналами автономных органов управления кабиной (пультов, джойстиков и т.п.).

Подача питающего напряжения ~380В на блок управления кабиной осуществляется с помощью электромагнитного контактора через предохранители F1-F4 при замыкании переключателя S1.

15 Высоковольтное генераторное устройство

В питающем устройстве применяется флюорографический высоковольтный генератор производства АО «Актюбрентген», который серийно применяется на флюорографах типа 12Ф7 и ему аналогичных.

Генератор представляет собой герметичный бак прямоугольной формы, заполненный трансформаторным маслом, внутри которого расположен однофазный повышающий трансформатор, высоковольтный выпрямитель и накальный трансформатор. Вывод катодного и анодного напряжения на рентгеновскую трубку осуществляется с помощью стандартных высоковольтных разъемов.

Вторичная обмотка повышающего трансформатора состоит из двух секций, электрическое соединение которых осуществляется в точке разрыва с помощью шунта, предназначенного для измерения анодного тока. Одна из секций вторичной обмотки имеет дополнительный отвод для измерения вторичного напряжения. Коэффициент трансформации измерительной обмотки по отношению к первичной равен единице.