

**УСТРОЙСТВО ПИТАЮЩЕЕ
ФЛЮОРОГРАФИЧЕСКОЕ**

IES-F2

Техническое описание

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение изделия	3
2. Состав изделия	4
3 Технические данные	5
4 Устройство и принцип работы	6
5 Синхронизация внешних устройств	8
6 Общая электрическая схема устройства	9
7 Микропроцессорная система контроля и управления	16
7.1 Магистраль крейта системы управления	16
7.2 Контроллер крейта СМ02	18
7.3 Модуль памяти ЕМ02	20
7.4 Модуль аналого-цифрового преобразователя DM02	23
8 Система вращения анода	26
8.1 Модуль управления вращением анода RM02	26
8.2 Силовой блок системы вращения анода RB01	29
9 Система управления накалом катода	31
9.1 Модуль контроля накала ТМ02	31
9.2 Блок регулятора тока накала ТВ01	32
10 Главная цепь	34
10.1 Принцип расчета анодного тока и регулирования высокого напряжения	34
10.2 Модуль управления высоким напряжением VM02	35
10.3 Блок контроля главной цепи VB01	38
11 Система электропитания устройства	38
11.1 Модули питания МР01, МР02, МР03	38
12. Система командного управления	41
12.1 Пульт управления. Описание принципиальной схемы	41
12.2 Система команд питающего устройства	42

1 Назначение изделия

Устройство питающее флюорографическое ИЕС–F2 (далее УПФ или устройство) предназначено для питания рентгеновских трубок в составе пленочных и цифровых флюорографов при проведении массовой флюорографии грудной клетки пациентов, а также при выполнении увеличенных снимков на рентгеновскую пленку.

Устройство ИЕС–F2 является однофазным двухполупериодным питающим устройством с низкочастотным повышающим трансформатором, обеспечивает режим постоянной мощности, выделяемой на аноде рентгеновской трубки в процессе снимка. Имеет микропроцессорную систему управления.

2 Состав изделия

Устройство питающее флюорографическое ИЕС-F2 состоит из силового блока (ААОЗ 003.80.00.00), высоковольтного генераторного устройства (6ДП.296.048), пульта управления (ААОЗ 003.90.00.00), а также блока управления механическими приводами кабины (ААОЗ 003.01.10.00).

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 флюорографического аппарата, а также предусматривает дальнейшее усовершенствование и развитие системы 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 0,4 Ом.

3.1.2 Наибольшая потребляемая мощность (кратковременно) по фазе подключения главной цепи не более 27 кВ·А.

3.2 Напряжение и ток трубки

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 зависит от выбранного напряжения на трубке и от состояния питающей сети. Он может изменяться в диапазоне от 50 до 250 мА. Примерная зависимость анодного тока от уровня высокого напряжения приведена на рис.2.

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 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 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

В основу работы питающего устройства положен принцип регулировки высокого напряжения за счет падения напряжения на добавочном резисторе с активным сопротивлением, последовательно включенном в главную цепь питания рентгеновской трубки.

Под главной цепью подразумевается электрическая цепь, по которой происходит передача мощности от питающей сети к рентгеновской трубке, включая все устройства преобразования электрической энергии (высоковольтный трансформатор, выпрямитель и т.п.).

Добавочный резистор данного питающего устройства включен последовательно с первичной обмоткой высоковольтного трансформатора (см. рис.1) и имеет сопротивление около 1,2 Ома. Регулирование высокого напряжения происходит путем изменения анодного тока рентгеновской трубки. При увеличении анодного тока возрастает потребляемая устройством мощность, а следовательно, растет ток первичной цепи. Это приводит к увеличению падения напряжения на добавочном резисторе, а величина напряжения, подаваемого на первичную обмотку высоковольтного трансформатора, соответственно уменьшается.

Примерная зависимость уровня высокого напряжения от величины анодного тока при данном сопротивлении добавочного резистора приведена на рис.2. Мощность, выделяемая на трубке, мало изменяется в зависимости от величины анодного тока и не превышает значения 10 кВт. Благодаря этому, питающее устройство обеспечивает защиту рентгеновской трубки от перегрузки по мощности.

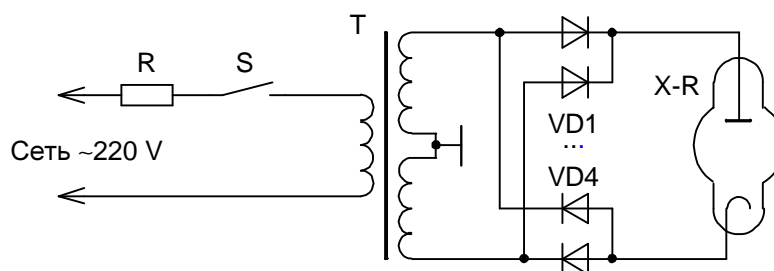


Рисунок 1 – Упрощенная электрическая схема главной цепи
R — добавочный резистор; S — выключатель высокого напряжения; T — высоковольтный трансформатор; VD1...VD4 — выпрямительные диоды; X-R — рентгеновская трубка.

Требуемые параметры снимка устанавливаются оператором на пульте управления. Информация о значениях установленного анодного напряжения и длительности снимка по линии последовательной связи передается в микроконтроллер силового блока.

В режиме подготовки снимка питающее устройство измеряет величину действующего напряжения сети, и на основе измеренных данных рассчитывает ток рентгеновской трубки при котором будет обеспечено требуемое значение анодного напряжения. Регулирование анодного тока рентгеновской трубки осуществляется путем изменения температуры катода, а следовательно, его эмиссионной способности.

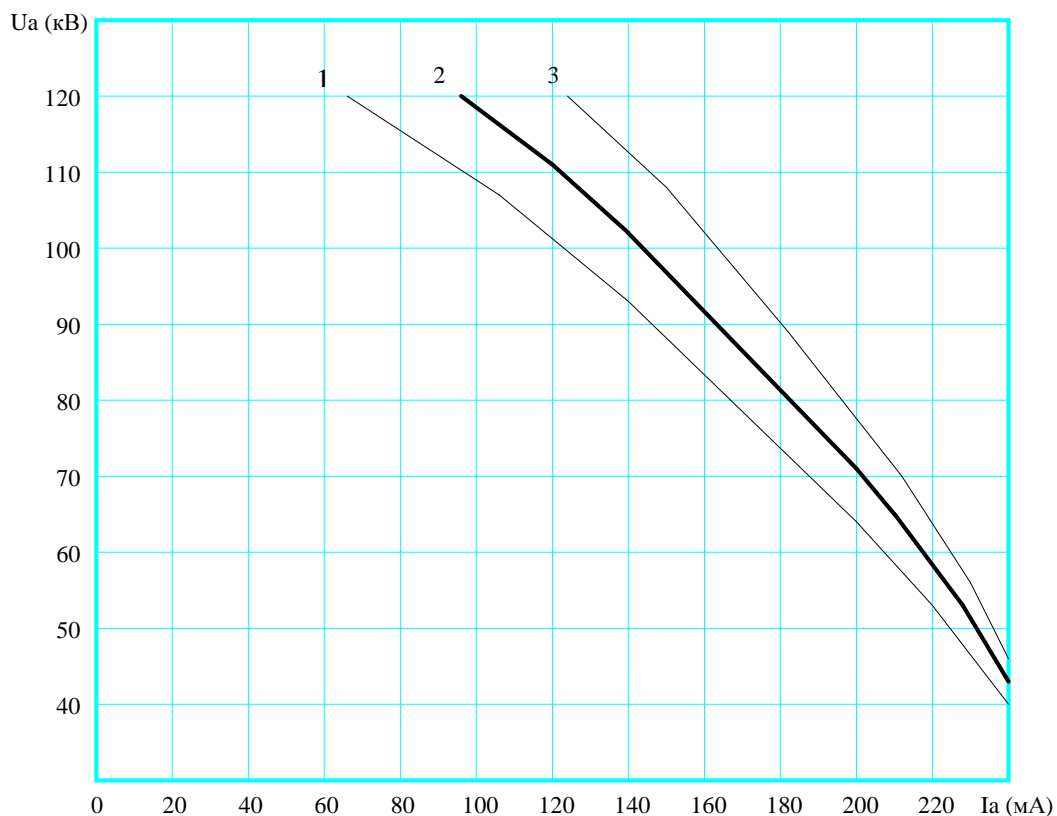


Рисунок 2 – Зависимость напряжения на трубке от тока анода
 1 — при напряжении питающей сети 198 В;
 2 — при напряжении питающей сети 220 В;
 3 — при напряжении питающей сети 242 В;

При подготовке и выполнении снимка микропроцессор контролирует процессы управления температурой катода, вращения анода, закрытия и открывания двери, контролирует напряжение и ток рентгеновской трубки, а также отслеживает возникновение аварийных ситуаций.

Принципы управления питающим устройством и порядок выполнения снимков подробно описаны в инструкции по эксплуатации питающего устройства.

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 включения, а выполнение экспозиции происходит 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 отличается от предыдущего тем, что по нажатию второго упора кнопки дистанционного включения 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 номер один
QS2	- внешний сигнал синхронизации номер два
ON-HV	- сигнал разрешения экспозиции при синхронизации по ЦП
QRD	- сигнал завершения экспозиции по экспонетру
EXP-ON	- сигнал включения высокого напряжения
HV	- сигнал наличия высокого напряжения на выходе высоковольтного генератора.

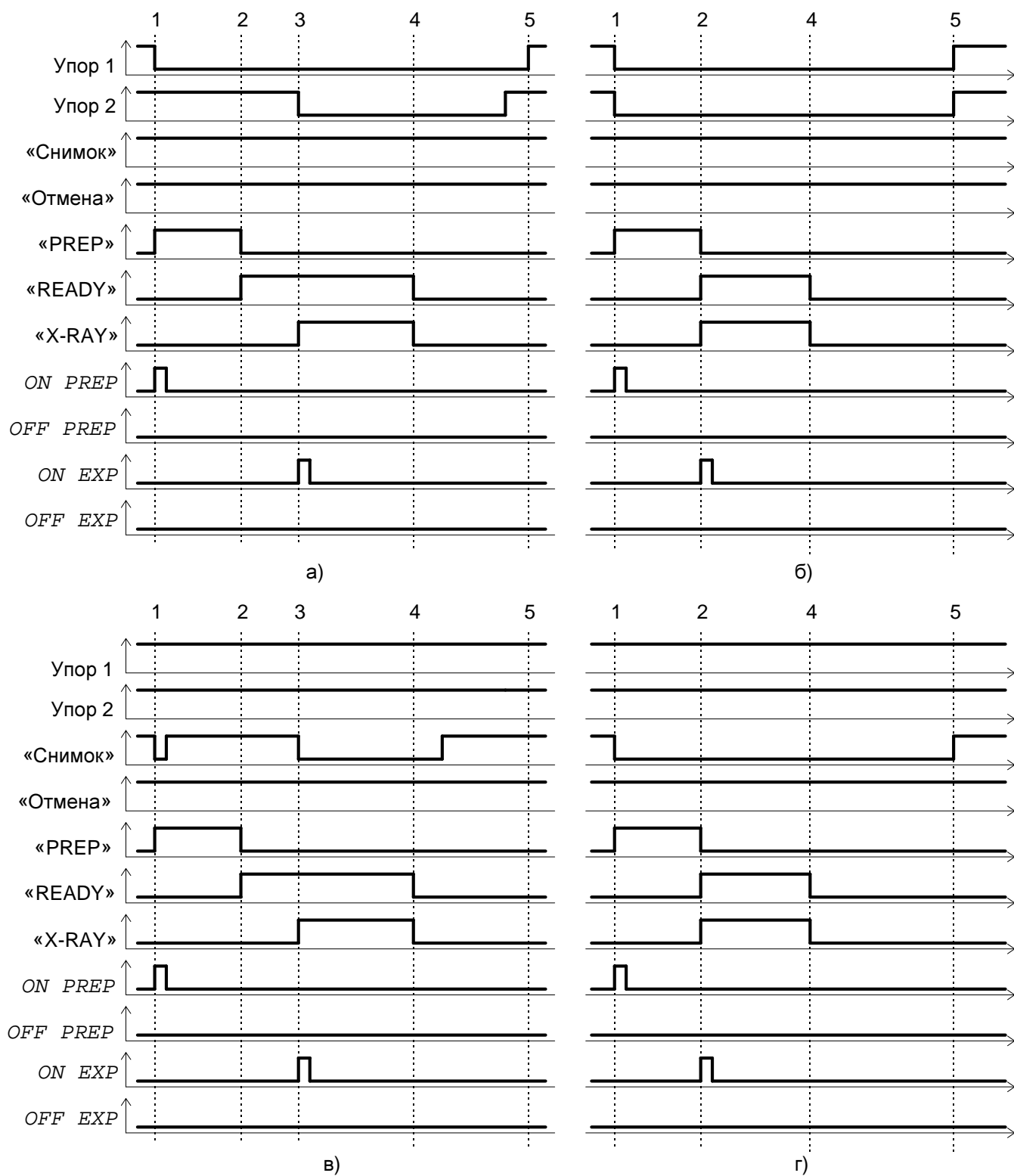


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

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

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.

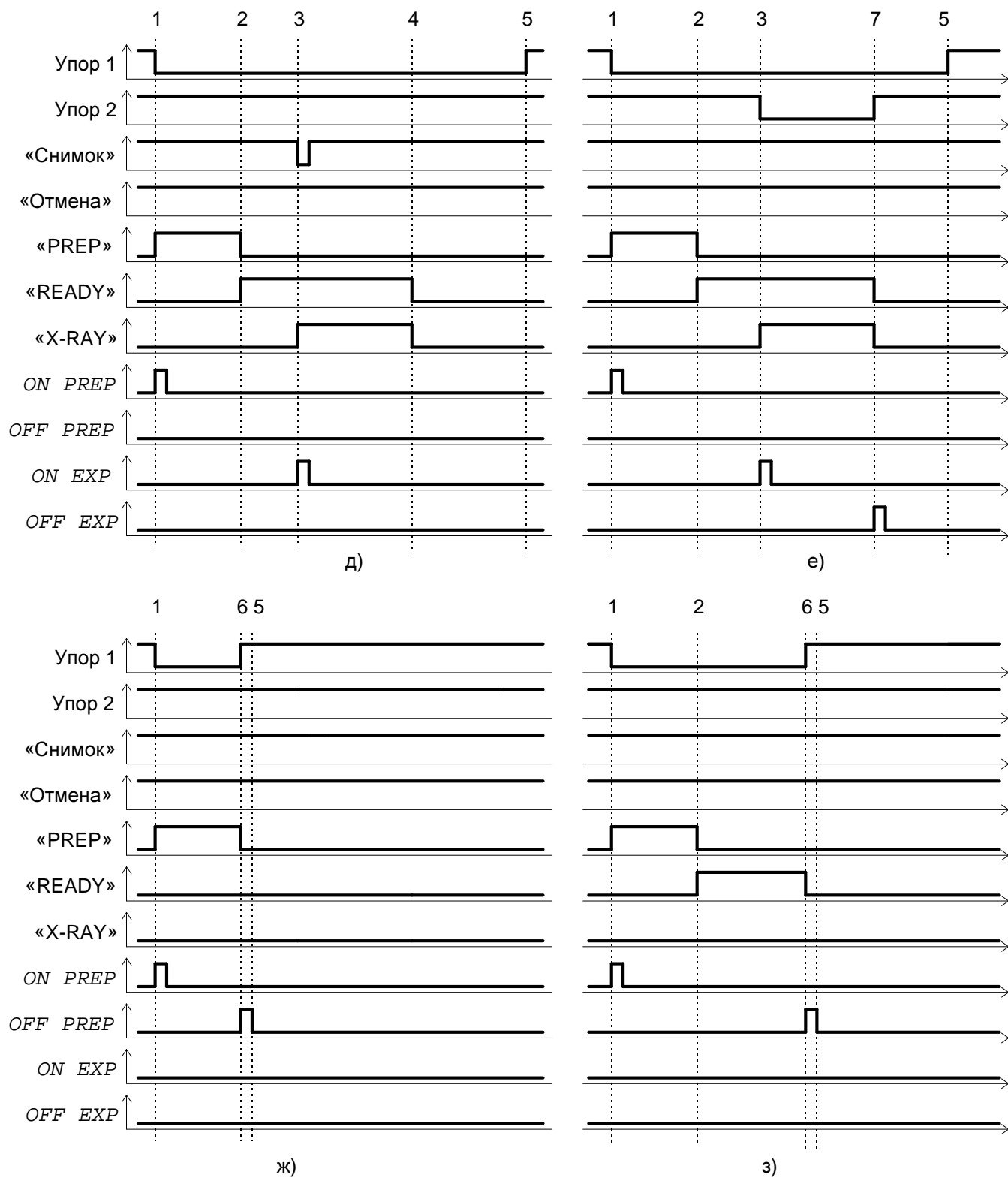


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

д) выполнение снимка при последовательном нажатии 1 упора КДВ и клавиши «Снимок»; е) прерывание экспозиции по отпусканию 2 упора; ж) отказ от режима подготовки по отпусканию 1 упора КДВ; з) отказ от снимка в состоянии готовности по отпусканию 1 упора КДВ.

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.

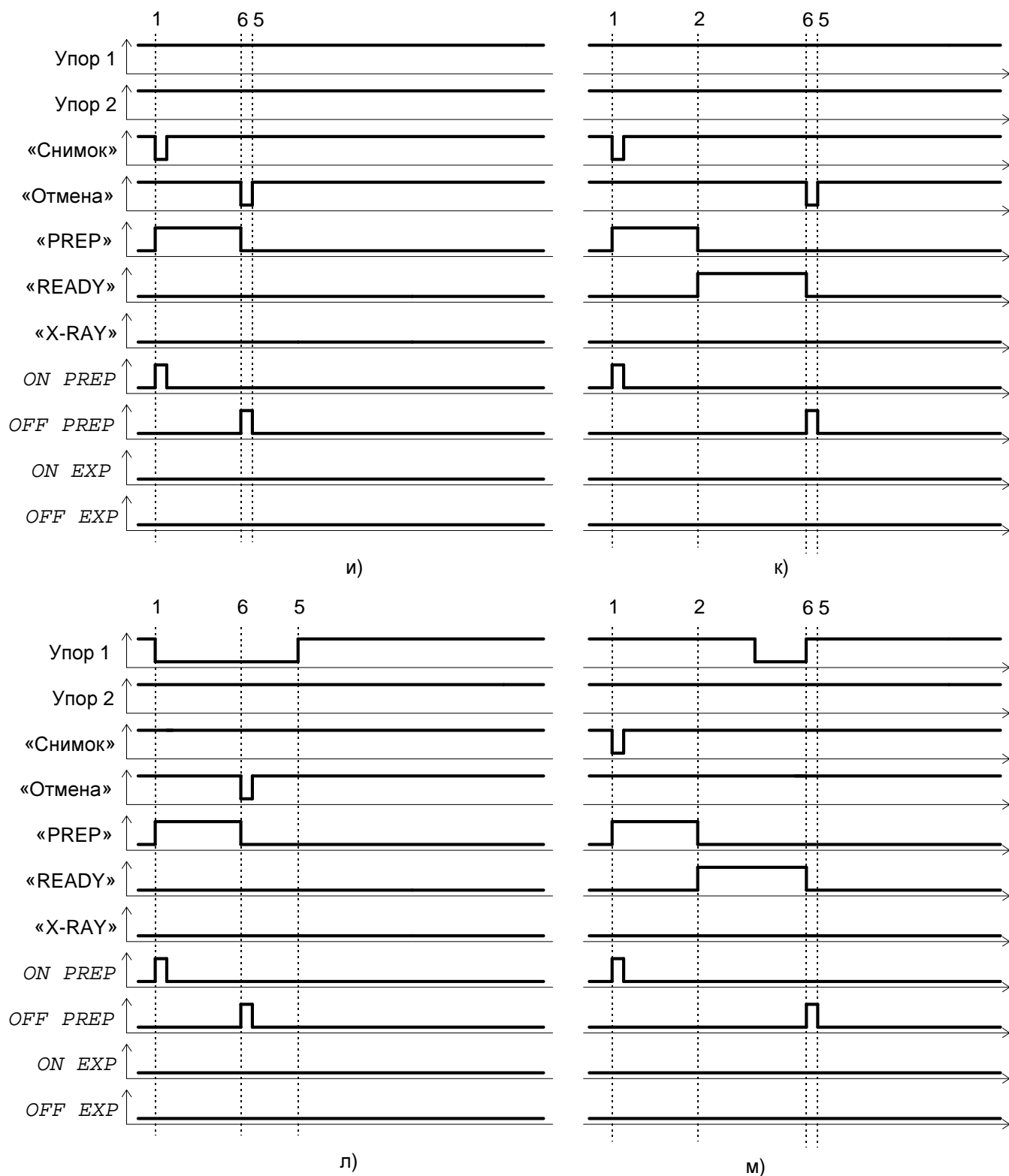


Рис. 3 - Эпюры формирования команд при выполнении снимка

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

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 отпусканию 1 упора КДВ.

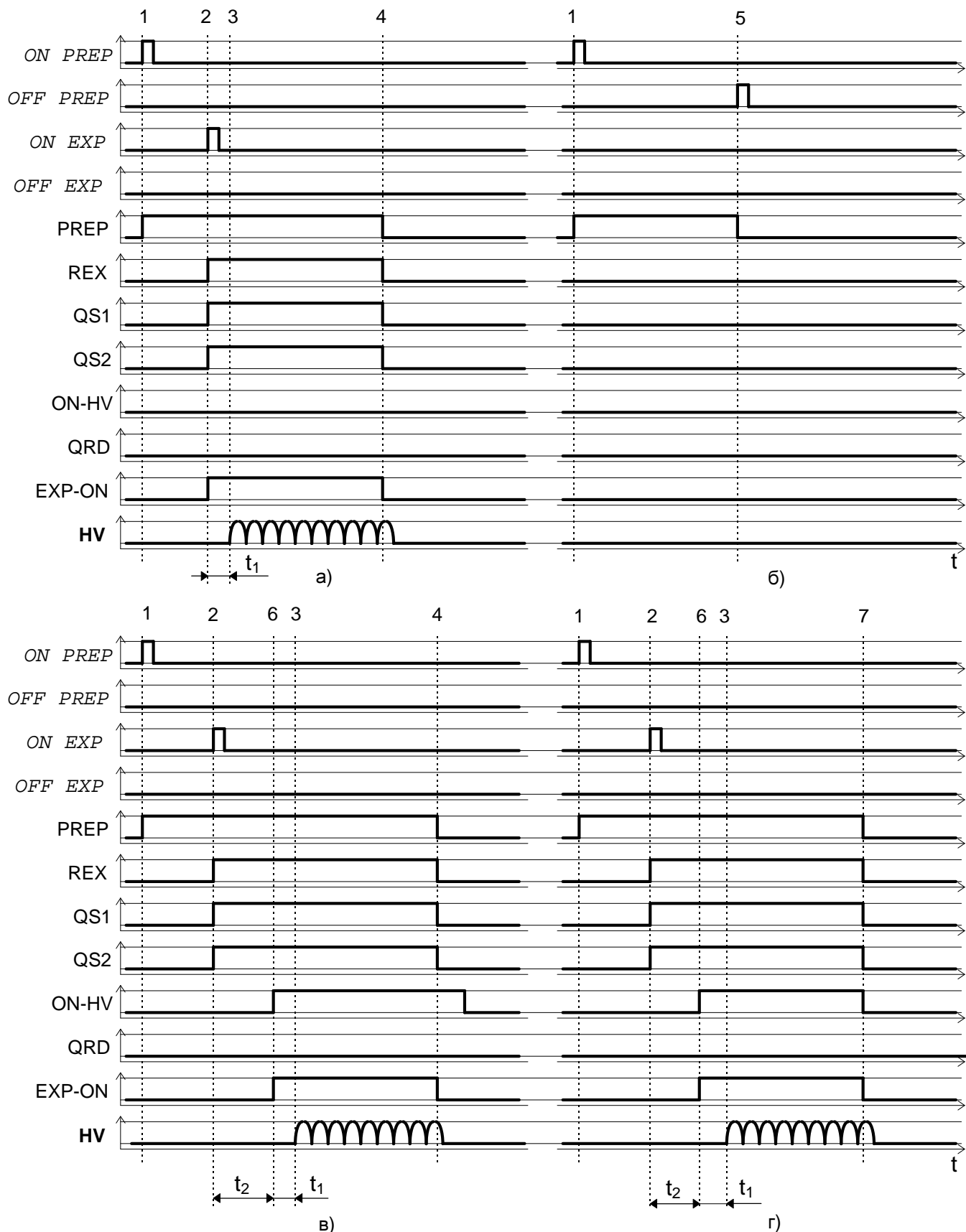


Рис. 4 - Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

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.

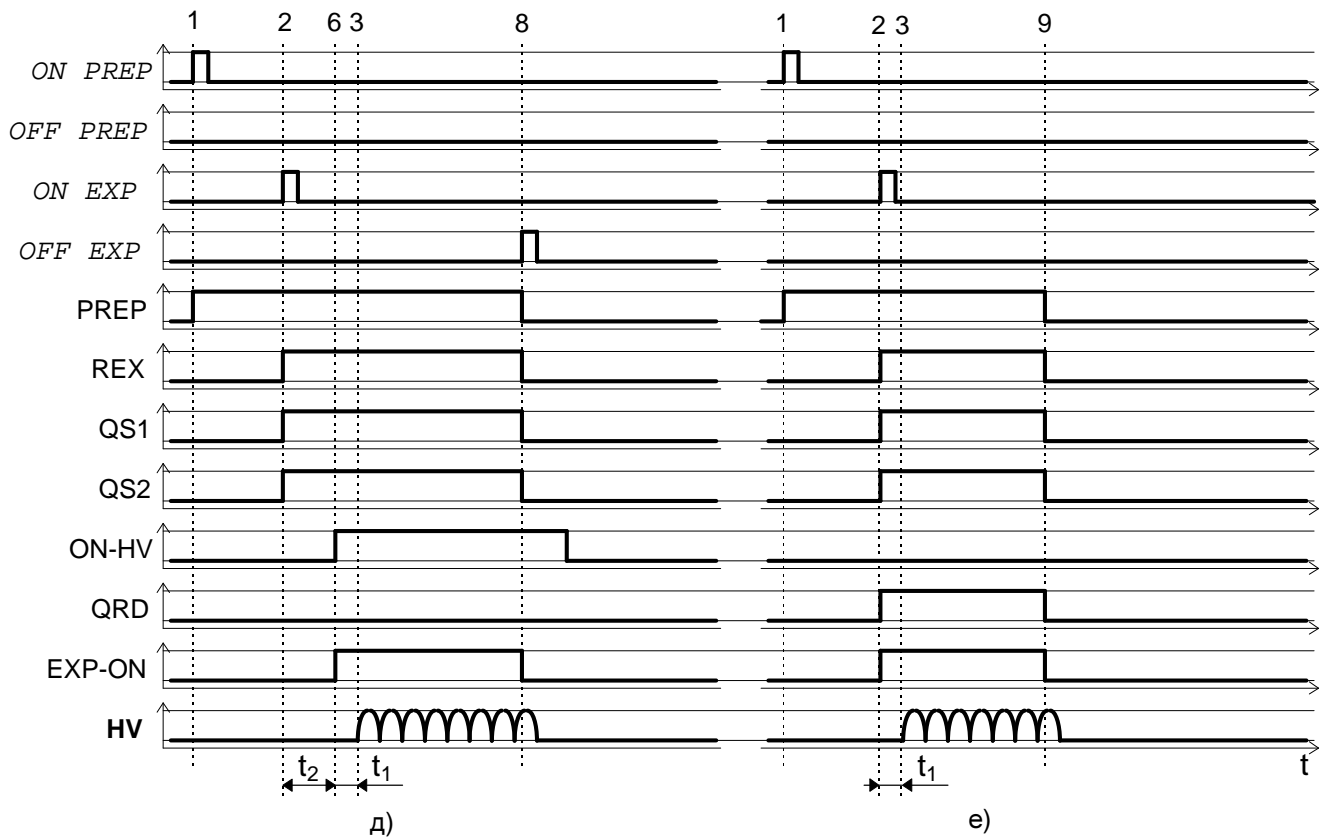


Рис. 4 - Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

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

6 Общая электрическая схема устройства

Общая электрическая схема устройства приведена на рис.1 альбома схем.

Напряжение питания 220 В / 50 Гц подается на контактную планку К1 (контакты 1...4) с помощью кабеля КВЛ-7 (ААО3 003.94.06.00), 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 X4 и X7, 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 СМ02 — контроллер крейта, осуществляет основные функции управления и контроля работы питающего устройства.
- Модуль ЕМ02 — модуль энергонезависимой памяти для хранения параметров настройки питающего устройства и результатов снимков.
- Модуль ДМ02 — многоканальный аналого-цифровой преобразователь, используется для измерения контрольных параметров системы.
- Модуль РМ02 — модуль управления и контроля вращения анода рентгеновской трубки.
- Модуль ТМ02 — модуль управления и контроля накала катода рентгеновской трубки, используется для регулировки тока анода.
- Модуль VМ02 — модуль управления высоким напряжением и контроля тока и напряжения рентгеновской трубки.
- Модуль НМ03 — 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 РВ01 — блок источников питания крейта, обеспечивает модули крейта напряжениями питания – 15 В, + 15 В и + 7,5 В.
- Блок РВ02 — блок питания + 12 В, предназначен для питания низковольтных силовых цепей всех систем устройства.

Примечание. Вместо блоков РВ01 и РВ02 в устройстве может быть установлен один блок РВ03, совмещающий в себе их функции.

За пределами крейта в корпусе силового блока расположены:

- Блок ТВ01 — силовой блок управления накалом катода рентгеновской трубки.
- Блок ВС01 — блок добавочного резистора и электронного коммутатора.
- Блок РВ01 — силовой блок управления вращением анода рентгеновской трубки.

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 100 А.

Кроме этого схема включает в себя пульт управления, рентгеновский излучатель, высоковольтный генератор и кабину флюорографическую.

При подготовке снимка на статор анода рентгеновской трубки подается напряжение разгона с помощью кабеля КВЛ-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 высоковольтного генератора. Напряжение на накальный трансформатор подается с помощью кабеля КВЛ-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 высоковольтного генератора подается 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.

Для управления питающим устройством предназначен микропроцессорный пульт (PULT02), который подключается к силовому блоку через разъем X1 с помощью кабеля KBL-1. По этому кабелю на пульт подается напряжение питания +12 В, а также осуществляется обмен информацией в последовательном коде.

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 СМ02, 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 ЕМ02. 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 СМ02

7.2.1 Назначение

Контроллер крейта СМ02 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 — односторонний 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.3 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 переключки 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 CM02 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 CM02 предусматривает возможность работы с внешним ПЗУ типа K573РФ5, 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 CM02, а также перечень элементов схемы электрической принципиальной приведены в приложениях к техническому описанию.

7.3 Модуль оперативной энергонезависимой памяти EM02

7.3.1 Назначение

Модуль оперативной энергонезависимой памяти EM02 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 CM02 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 EM02 приведена на рис.5 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);
- 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...FFFFH; 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...FFFFH; 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...FFFFH 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 FFFFH 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 переключателями на переключателях J1...J4, на выходе микросхемы (вывод 6) появляется сигнал высокого уровня. Этот сигнал разрешает работу дешифратора, выполненного на DD4 (ПЛМ EPM7064SLC) по входу N. Таким образом, при совпадении магистрального кода номера адресной страницы с установленным в модуле и соответствующих уровнях входных 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...FFFFH при прохождении сигналов чтения (RD, RP) формируется сигнал OE64 низкого уровня. Питание

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

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 21Н), то чтение и запись данных в модуль возможны сразу после окончания сигнала CLR. Если же пароль отличен от нуля (номер разработки 22Н), 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 АЕВ 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-рго(CONST21).

7.3.4 Система команд модуля

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 EM02: **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.8 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 переключек 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 входа аналогового мультиплексора. В четвертом разряде формируется бит разрешения открытия мультиплексора. Сигнал с выхода пятого разряда управляет работой интегрального преобразователя, а в шестой 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

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
RR =	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
DH =	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
DL =	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 DM01: **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.

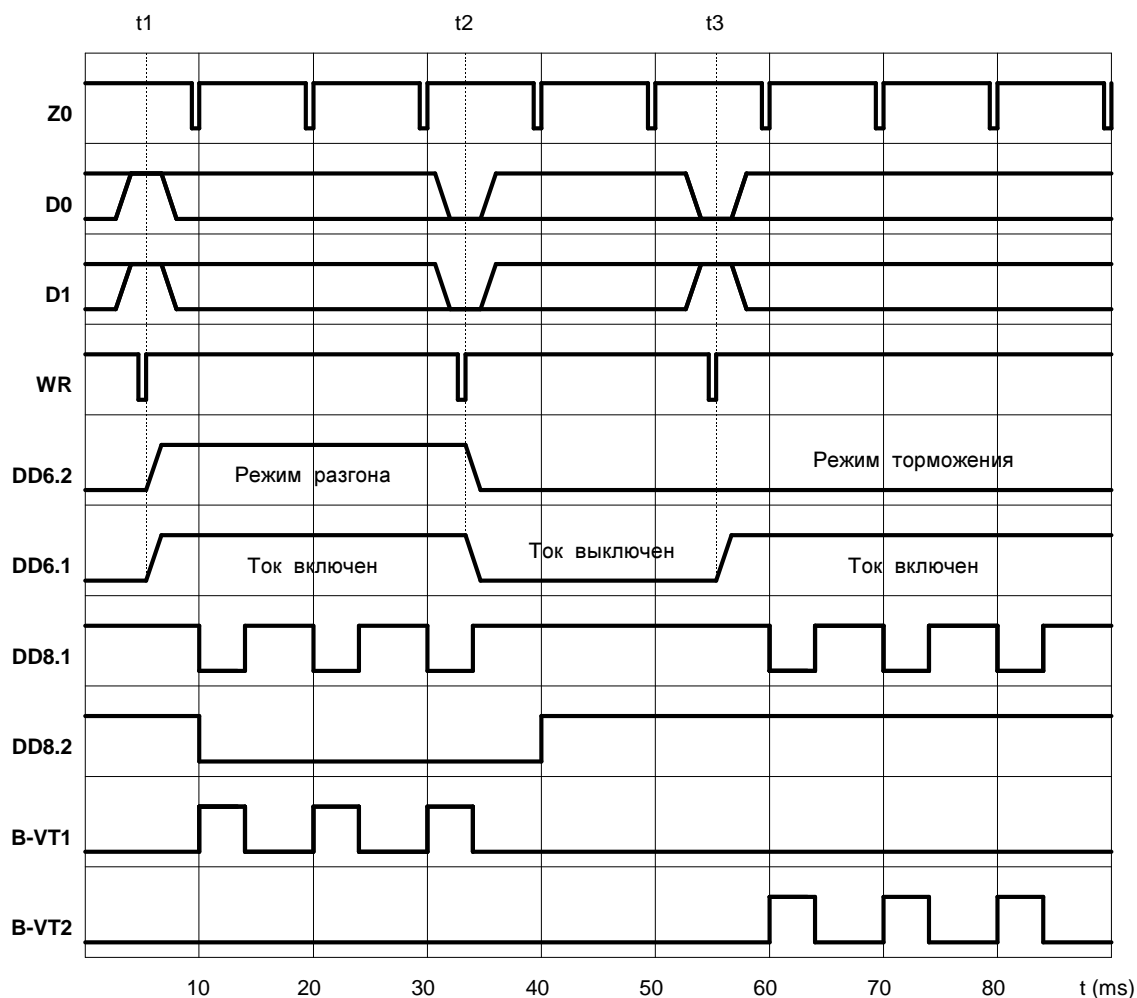


Рисунок 6 – Временные диаграммы напряжений устройства синхронизации сигналов управления

- 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 RB01

Электрическая принципиальная схема силового блока показана на рис.12 альбома схем. Основу блока составляют два оптосимистора 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 клемника KR. Третий вывод статора соединен с нулевым проводом питающей сети (см. схему электрическую принципиальную флюорографа, рис.1 альбома схем). Фаза В, питающая систему вращения анода, через соответствующий предохранитель подается на второй контакт клемника 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 клемника KR на второй вывод статора (сигнал FR). К третьему выводу статора это же напряжение прикладывается через фазосдвигающую цепочку конденсаторов С4, С5. 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 клемника KR) через токоограничивающие резисторы R12, R14. Напряжение фазы FR формируется при этом с помощью фазосдвигающих конденсаторов C4, C5. Изменение фазовых сдвигов обеспечивает создание тормозного момента (усилие вращения противоположно 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. 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 RB01 возможен нагрев как самих оптосимисторов, так и токоограничивающих резисторов R12, R14. Поэтому конструктивно блок выполнен в виде продуваемой металлической трубы прямоугольного сечения. В составе флюорографа работает с принудительным охлаждением. Расположение элементов на печатной плате блока показано на рис.13 альбома схем.

9 Система управления накалом катода

Для управления током накала рентгеновской трубки в флюорографе 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 ТВ01. 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.

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.15 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.

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Rg =	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 TM01: 099h.

9.2 Блок регулятора тока накала ТВ01

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.16 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 Р-образный фильтр C5, L2, C6.

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.17 альбома схем.

10 Главная цепь

На общей электрической схеме флюорографа, представленной на рис.1 альбома схем, главная цепь показана утолщенными линиями проводников. В состав главной цепи входят следующие компоненты флюорографа:

- электромагнитный контактор КТ1, который закорачивает главную цепь параллельно включенными группами контактов 3-4 и 5-6;
- плавкий предохранитель FU1;
- блок VC01, внутри которого главная цепь проходит через дополнительный токоограничивающий резистор и оптотиристорную сборку, выполняющую функцию коммутатора главной цепи;
- первичная обмотка высоковольтного трансформатора.

В исходном состоянии, когда оптотиристорный ключ в блоке VC01 закрыт, по главной цепи протекает небольшой ток, обусловленный наличием RC-цепочки, которая включена параллельно оптотиристорному ключу. При этом на выходе высоковольтного генератора возможно появление напряжения, уровень которого не превышает значения в несколько сот вольт и не приводит к генерации рентгеновского излучения.

В момент выполнения снимка ток главной цепи может кратковременно достигать значения 100 А, а потребляемая по фазе В мощность — 27 кВт.

10.1 Принцип расчета анодного тока и регулирования высокого напряжения

Регулирование высокого напряжения, подаваемого на рентгеновскую трубку, производится путем изменения величины анодного тока. Механизм регулирования основан на том, что промышленная сеть, питающая флюорограф, имеет определенное эквивалентное сопротивление, и при увеличении токовой нагрузки напряжение первичной обмотки высоковольтного трансформатора уменьшается, а следовательно уменьшается и высокое напряжение, подаваемое на рентгеновскую трубку. Для увеличения зависимости напряжения от токовой нагрузки последовательно с первичной обмоткой высоковольтного трансформатора включен дополнительный резистор.

Эквивалентная схема главной цепи питания трубки изображена на рис. 7.

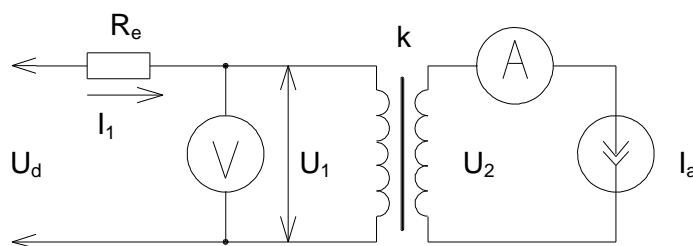


Рисунок 7 – Эквивалентная схема главной цепи питания трубки

Предположим, на вход схемы поступает переменное напряжение, действующее значение которого равняется U_d . Сопротивление всех участков главной цепи может быть пересчитано с учетом коэффициента трансформации в некое R_e , значение которого включает в себя и эквивалентное сопротивление питающей сети, и сопротивление дополнительного резистора. В этом случае высоковольтный трансформатор можно рассматривать как идеальный трансформатор без потерь с коэффициентом трансформации k , а рентгеновская трубка может рассматриваться как эквивалентный источник тока. Если ток нагрузки

отсутствует, то напряжение U_1 , приложенное к первичной обмотке трансформатора, будет равно входному напряжению U_d .

Если в цепи нагрузки протекает ток, то это приведет к возникновению тока I_1 в цепи первичной обмотки трансформатора, а следовательно на резисторе R_e будет возникать некоторое падение напряжения. При этом действующее напряжение на первичной обмотке будет равно:

$$U_1 = U_d - I_1 \cdot R_e \quad (1)$$

Ток первичной обмотки связан с током нагрузки следующим соотношением:

$$I_1 = I_a \cdot k \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$U_1 = U_d - I_a \cdot k \cdot R_e \quad (3)$$

Учитывая, что напряжение на первичной обмотке трансформатора и на нагрузке связаны коэффициентом трансформации, можем записать:

$$\frac{U_2}{k} = U_d - I_a \cdot k \cdot R_e, \quad (4)$$

где U_2 — действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора (напряжение на нагрузке).

Домножив обе части равенства на k , получим:

$$U_2 = U_d \cdot k - I_a \cdot k^2 \cdot R_e \quad (5)$$

Из этого соотношения можно выразить ток нагрузки (ток анода) как:

$$I_a = \frac{U_d \cdot k - U_2}{R_e \cdot k^2} \quad (6)$$

Приведенная выше формула справедлива для линейной цепи. Рентгеновская трубка не является линейным элементом. Это вакуумный электронный прибор (диод), работающий в режиме насыщения. Поэтому форма напряжения и тока в главной цепи во время выполнения снимка существенно отличается от синусоидальной, то есть главная цепь флюорографа не может рассматриваться как цепь линейная. Выражение для анодного тока должно содержать множитель, функционально зависящий от величины главного аргумента — значения высокого напряжения. Чтобы не усложнять процедуру расчета, в математической модели главной цепи в качестве такого множителя принято эквивалентное сопротивление. Его величина представлена в виде нелинейной табличной функции, зависящей от высокого напряжения.

Принятая упрощенная математическая модель позволяет обеспечить необходимую точность расчета уровня высокого напряжения.

10.2 Модуль управления высоким напряжением VM02

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.18 и 19 альбома схем флюорографа.

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 B3 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.

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-VM02. 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 контактом включения флюорографа;
- 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 оптодиода главной цепи запрещается с помощью логических элементов 23, 72.

Если на вход ПЛИС 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 флюорографа, 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.20 альбома схем.

10.2.1 Система команд модуля VM02

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 оптотиристором 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.21 альбома схем, а также по схеме электрических соединений флюорографа (рис.1 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 K1 через предохранитель FU3 поступает на контакт 6В разъема XVB, а также — через кнопку S1 «ON» на контакт 8А того же разъема блока VB01 (см. рис.1 альбома схем). При нажатии на кнопку «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 кнопки «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.1 альбома схем), обеспечивая питание крейта необходимыми напряжениями.

При нажатии кнопки S2 «OFF» (см. рис.1 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 блоки питания крейта — происходит полное выключение питающего устройства флюорографа.

При командном формировании активного уровня сигнала FL_ON, который из модуля VM02 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 флюорографа.

Напряжение FB-1 через контакт 5A разъема XVВ 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 VM02 для измерения (см. рис.1 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 VM02 для дальнейшей обработки.

Высоковольтный трансформатор флюорографа 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.22 альбома схем. В отличие от других модулей крейта блок VB01 снабжен более мощным стыковочным разъемом и имеет индивидуальное посадочное место в крейте.

11 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 двух блоков питания МР01 и МР02. Первый из них обеспечивает модули крейта необходимыми питающими напряжениями и имеет максимальную выходную мощность 20 В·А. Аналогичный по мощности второй блок предназначен для стабилизации напряжения +12 В.

Вместо двух перечисленных выше модулей в устройстве может применяться совмещенный блок питания МР03 с повышенной выходной мощностью.

Все применяемые в устройстве блоки питания построены по принципу высокочастотных преобразователей со стабилизацией выходного напряжения и защитой от короткого замыкания. Первичное питание блоков осуществляется переменным напряжением 220 В, 50 Гц. Блоки имеют трансформаторную развязку вторичных цепей и обеспечивают прочность изоляции не менее 1500 В.

11.1 Блок питания МР03

Импульсный блок питания МР03 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 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.

Таблица 2 – Генерация команд пультом управления флюорографа

Событие	Команда	Ответ
Нажатие клавиши «Включить флюорограф»	01 4D 01 47	01 E0 01 E0
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 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 E0
Нажатие клавиши «Отмена подготовки»	01 4A	01 E0
Нажатие первого упора выносной кнопки управления экспозицией	01 49	01 E1
Отпускание первого упора выносной кнопки управления экспозицией	01 4A	01 E0
Нажатие второго упора выносной кнопки управления экспозицией	01 4B	01 E0
Отпускание второго упора выносной кнопки управления экспозицией	01 53	01 E0
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 «Включить стандартный режим экспозиции номер NR»	02 30 NR 05 03 Uv Ia Exh Exl	08 B0 Uv Exh Exl Uv- Ex- Uv+ Ex+ 05 83 Uv Ia Exh Exl
Нажатие клавиши «Движение подножки вверх»	01 4E	01 E0
Отпускание клавиши «Движение подножки вверх»	01 50	01 E0
Нажатие клавиши «Движение подножки вниз»	01 4F	01 E0
Отпускание клавиши «Движение подножки вниз»	01 50	01 E0
Нажатие клавиши «Аварийное открывание двери»	01 51	01 E0

Таблица 3 – Команды управления флюорографом

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
05	Принять код N коррекции времени экспозиции (N=0(+1), 1(+10), 2(-1), 3(-10))	02 05 0N
<i>Команды типа «передать»</i>		
20	Передать байт из адреса Ad внутреннего ОЗУ	02 20 Ad
21	Передать Сb байт из внутреннего ОЗУ с адреса Ad	03 21 Cb Ad
22	Передать байт из адреса Ad=256·Ah+Al адресной страницы Sd	04 22 Sd Ah Al
23	Передать Сb байт начиная с адреса Ad=256·Ah+Al адресной страницы Sd	05 23 Cb Sd Ah Al
24	Передать байт состояния устройства	01 24
25	Передать содержимое порта PN (N=0...3)	02 25 0N
26	Передать тип аварии	01 26
2E	Передать код разработки	01 2E
2F	Передать номер версии программного обеспечения	01 2F
30	Передать параметры стандартного режима снимка NR=1...12	02 30 NR
<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 в канале 0P (P=0...4)	02 43 0P
44	Проверить контрольную сумму блока XX=00...FF внешнего ОЗУ	02 44 XX
45	Обновить контрольную сумму блока XX=00...FF внешнего ОЗУ	02 45 XX
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 Inh, Inl, Exh, Exl	05 52 Inh Inl Exh Exl
53	Прервать экспозицию	01 53
54	Обнулить байт аварии главной программы	01 54

1	2	3
55	Управление освещением кабины 0P (P=0-off/ 1-on)	02 55 0P
56	Управление вентилятором трубки 0P (P=0-off/ 1-on)	02 56 0P
<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	