

1. Устройство рентгеновское питающее ИЕС-F6

1.1 Общие сведения

Устройство рентгеновское питающее (далее УРП) ИЕС-F6 представляет собой комплекс электронного программно-управляемого оборудования, предназначенного для питания рентгеновского излучателя всеми необходимыми для работы напряжениями.

По принципу организации главной цепи питания (источника анодного напряжения) УРП ИЕС-F6 относится к однофазным низкочастотным питающим устройствам, в которых повышение напряжения осуществляется на частоте промышленной сети 50 Гц.

Отличительной особенностью данного устройства является применение принципа широтно-импульсной модуляции (далее ШИМ) для стабилизации амплитуды высокого напряжения, прикладываемого к рентгеновской трубке.

Управление устройством ИЕС-F6 осуществляется по линии последовательной связи в стандарте RS232 в соответствии с унифицированной системой команд и протоколом обмена «ЭХО-1» (СП ИЕС 04 / 21.10.98). Имеет микропроцессорную систему управления.

1.2 Назначение

УРП ИЕС-F6 предназначено для питания рентгеновских излучателей типа РИД-1, РИД-2, ИРД-1, ИРД-2 с рентгеновскими трубками 20-50 БД 22-150, 6-10 БД 8-128 (или другими трубками с аналогичными электрическими параметрами) при работы в составе стационарных и возимых рентгеновских флюорографических аппаратов, оснащенных однокамерными или многокамерными цифровыми приемниками матричного типа или пленочными фотокамерами. Применение в составе рентгеновских аппаратов сканирующего типа не рекомендуется. Допускает выполнение снимков на рентгеновскую фотопленку с использованием преобразующих кассет.

Может быть использовано для модернизации флюорографических аппаратов типа 12Ф7 или аналогичных по принципу действия с целью улучшения их технических характеристик.

1.3 Технические характеристики

1.3.1 Требования к сети

1.3.1.1 Питание осуществляется от однофазной сети общего назначения номинальным напряжением 220 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.

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

1.3.2 Напряжение и ток трубки

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

1.3.2.2 Значения напряжения и тока, устанавливаемые на пульте управления, соответствуют амплитудному значению напряжения и тока в импульсе, измеренном по среднему уровню затухающих гармонических колебаний на вершине импульса (см. рис. 1.3.1).

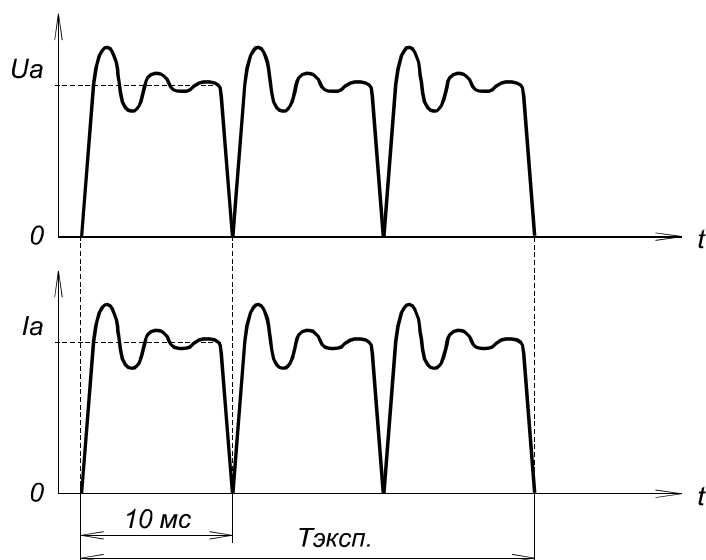


Рис. 1.3.1. Осциллограммы тока и напряжения рентгеновской трубки в процессе снимка U_a , I_a – амплитудные значения тока и напряжения, устанавливаемые на пульте управления

1.3.2.3 Напряжение на аноде рентгеновской трубки при выполнении снимков может устанавливаться с дискретностью в 1 кВ в диапазоне от 50 до 120 кВ.

1.3.2.4 Погрешность отслеживания установленного амплитудного значения высокого напряжения в процессе выполнения снимка не превышает ± 5 кВ.

1.3.2.5 Анодный ток рентгеновской трубки при снимке устанавливается с дискретностью 1 мА в диапазоне 50..120 мА.

1.3.2.6 Погрешность отслеживания установленного амплитудного значения тока в процессе выполнения снимка после калибровки устройства не превышает ± 5 мА.

1.3.2.7 Из-за импульсного режима питания рентгеновской трубки экспозиционная доза излучения меньше дозы, полученной при аналогичных параметрах экспозиции на

питающих устройствах непрерывного действия. Примерная таблица соответствия экспозиционных доз приведена в виде табл. 1.3.1

Таблица 1.3.1. Коэффициенты сравнения экспозиционной дозы относительно питающих устройств непрерывного действия и питающих устройств с балластным резистором при одинаковых установках параметров экспозиции

Анодное напряжение	УРП IEC-F6 относительно УРП непрерывного действия (ВЧ-инвертора)	УРП IEC-F6 относительно УРП балластного типа (12Ф7)
50 кВ	0,65	3,00
60 кВ	0,60	2,50
70 кВ	0,56	2,12
80 кВ	0,52	1,62
90 кВ	0,48	1,30
100 кВ	0,45	1,10
110 кВ	0,42	1,05
120 кВ	0,38	1,03

1.3.3 Реле экспозиции

1.3.3.1 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.

1.3.3.2 Реальное время существования рентгеновского излучения меньше установленного времени экспозиции в силу импульсного режима работы трубки. Коэффициенты пересчета для оценки реального времени экспозиции приведены в табл. 1.3.1.

1.3.3.3 При применении питающего устройства в рентгеновских флюорографических аппаратах с цифровым приемником изображения возможно ограничение максимальной длительности снимка на любом значении из рабочего диапазона.

1.3.4 Режим работы и управление

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

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

1.3.4.3 Устройство позволяет выполнять снимки с использованием внешнего фотоэкспонетра.

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

1.3.5 Основные технические характеристики в обобщенном виде приведены в таблице 1.3.2.

Таблица 1.3.2 Основные технические характеристики УРП ИЕС-F6

1	Количество подключаемых рентгеновских излучателей, шт	1
2	Диапазон изменения напряжения на рентгеновской трубке, кВ	40..120
3	Шаг изменения напряжения на рентгеновской трубке, кВ	1
4	Отклонение напряжения на трубке от установленного значения, кВ, не более	5
5	Диапазон изменения анодного тока, мА	50..120
6	Шаг изменения анодного тока, мА	1
7	Отклонение анодного тока от установленного значения, мА, не более	5
8	Диапазон изменения времени экспозиции, с	0,02..2,5
9	Шаг изменения времени экспозиции, с	0,01
10	Отклонение экспозиционной дозы от среднего значения, %, не более	10
11	Допустимое сопротивление цепи заземления, Ом, не более	0,5
12	Напряжение питания от однофазной сети 50 Гц, В	198..242
13	Максимально допустимое сопротивление питающей сети, Ом, не более	0,4
14	Максимальная полезная мощность в нагрузке, кВт, не более	12
15	Наибольший ток, потребляемый от сети питания, А, не более	60
16	Наибольшая кратковременно потребляемая мощность, кВт, не более	15
17	Средняя потребляемая мощность, кВт, не более	0,25
18	Непрерывное время работы, часов, не менее	8

1.4 Состав изделия и комплект поставки

УРП ИЕС-F6 состоит из блоков различного функционального назначения, приведенных в таблице 1.4.1. Комплект поставки согласуется с заказчиком. Базовый комплект поставки состоит из позиций 1, 2, 4, 5, 6, 9..17, 21.

Таблица 1.4.1 Состав рентгеновского питающего устройства

Поз.	Наименование	Обозначение	Назначение
1	Блок управления ИЕС-F6	АНЖА 25.00.00	Блок системы управления и источников вторичного питания всех систем рентгеновского излучателя
2	Пульт основной PU04	АНЖА 27.00.00	Автономный пульт управления консольного типа для использования в настенном или стоечном конструктивных вариантах
3	Пульт настольный PU11	АНЖА 23.00.00	Пульт индикации и управления для штатного подключения к РПУ персонального компьютера в качестве управляющей консоли
4	Кнопка снимка	АНЖА 28.00.00	Ручной манипулятор для подготовки и выполнения экспозиции
5	Трансформаторно-выпрямительный блок	АНЖА 29.00.00	Генерация высокого напряжения
6	Блок управления кабиной ВС2-220	АНЖА 22.00.00	Управление электродвигателями приводов кабины флюорографа (подъемника и автоматической двери)
7	Блок управления кабиной ВС2-12	АНЖА 22.00.00	Блок, аналогичный ВС2-220, но для управления низковольтным (± 12 В) приводом двери
8	Адаптер блока управления приводами	АНЖА 36.00.00	Коммутатор управляющих сигналов для использования в качестве источника питания приводов блока Altivar 11 (Shneider Electric)
9	Модуль синхронизации SM01	АНЖА 25.10.00	Синхронизация с устройствами регистрации рентгеновского изображения
10	Модуль управления приводами НМ07	АНЖА 25.11.00	Сопряжение с устройствами управления приводами кабины
11	Кабель пульта KBL-1.4	АНЖА 30.01.00	Для подключения любой модификации пультов управления
12	Кабель системы вращения анода с датчиком шума KBL-2	АНЖА 30.02.00	Для передачи сигналов контроля и управления системы вращения анода рентгеновской трубки
13	Кабель управления кабиной KBL-5	АНЖА 30.05.00	Для передачи сигналов управления приводами кабины
14	Кабель кнопок дистанционного включения KBL-7	АНЖА 30.07.00	Для подключения выносных кнопок включения / выключения электропитания УРП

Таблица 1.4.1 (продолжение)

Поз.	Наименование	Обозначение	Назначение
15	Кабель синхронизации фотоприемника KBL-8	АНЖА 30.08.00	Для передачи сигналов синхронизации
16	Кабель ТВБ силовой KBL-9	АНЖА 30.09.00	Для подачи электропитания на ТВБ от блока управления ИЕС-Ф6
17	Кабель ТВБ сигнальный KBL-10	АНЖА 30.10.00	Для передачи сигналов обратной связи от ТВБ в блок управления ИЕС-Ф6
18	Модуль встроенного интерфейса	АНЖА 37.00.00	Для сопряжения РПУ и персонального компьютера в качестве управляющей консоли в других конструкциях пультов
19	Блок интерфейса отладочного	АНЖА 38.00.00	Для сопряжения РПУ и персонального компьютера при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ
20	Блок сопряжения фотокамеры	АНЖА 35.00.00	Для подключения к РПУ фотокамер типа РК-75, РК-110 или аналогичных.
21	Техническое описание	АНЖА 30.00.00.ТО	Для подготовки персонала при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ
22	Комплект сервисного программного обеспечения		Для проведения пуско-наладочных и ремонтных работ

1.5 Принцип работы питающего устройства.

Для получения рентгеновского излучения в флюорографических рентгеновских аппаратах применяются трубки с вольфрамовым вращающимся анодом. В основу их работы положен физический принцип генерации тормозного излучения при бомбардировке электронами анода высоковольтного вакуумного диода, которым по сути и является рентгеновская трубка. Чтобы обеспечить необходимую энергию фотонов тормозного излучения, напряжение между анодом и катодом рентгеновской трубки должно составлять несколько десятков тысяч вольт. С ростом анодного напряжения увеличивается энергия гамма квантов, а соответственно, растет их способность проникать сквозь ткани человеческого тела. В медицинской диагностической аппаратуре для получения качественных снимков различных биологических структур, как правило, используются напряжения от 30 до 150 кВ, значение которого выбирается оператором в зависимости от характера выполняемого обследования. Флюорографические аппараты работают в диапазоне анодных напряжений от 40 до 120 кВ.

В питающем устройстве ИЕС-Ф6 для генерации высокого напряжения используется повышающий трансформатор, работающий на частоте промышленной сети 50 Гц. Его коэффициент трансформации выбран таким образом, что при подаче на первичную обмотку переменного напряжения 220 В, на рентгеновскую трубку через высоковольтный выпрямитель будет приложено напряжение с амплитудой более 150 кВ. Последовательно с первичной обмоткой трансформатора включен управляемый широтно-импульсный регулятор, который выполняет функции ограничителя амплитуды напряжения на первичной обмотке, а следовательно — и на самой рентгеновской трубке (см. рис. 1.5.1).

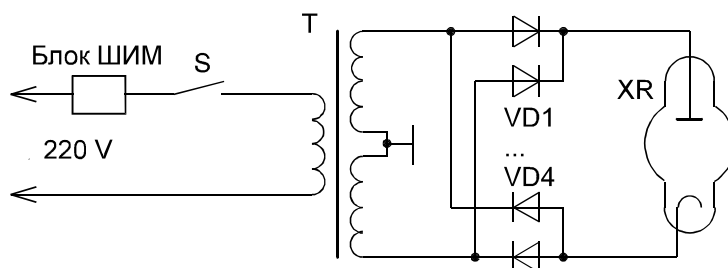


Рис. 1.5.1 Упрощенная электрическая схема главной цепи

Блок ШИМ — широтно-импульсный регулятор; S — выключатель высокого напряжения; Т — высоковольтный трансформатор; VD1...VD4 — выпрямительные диоды; XR — рентгеновская трубка.

Уровень ограничения отслеживается системой автоматического регулирования пропорционально установленному значению амплитуды анодного напряжения. Управление регулятором производится с помощью следящей обратной связи. Сигнал рассогласования формируется путем сравнения напряжения на ТВБ с уровнем опорного напряжения. Таким образом транзисторы широтно-импульсного регулятора полностью открыты в те моменты времени, когда мгновенное напряжение питающей сети меньше уровня опорного, и прикрываются, переходя в режим активного регулирования мощности тогда, когда напряжение в сети превышает уровень, соответствующий опорному. Форма напряжения на первичной обмотке высоковольтного трансформатора показан на рисунке 1.5.2. После высоковольтного выпрямителя на рентгеновскую трубку поступает последовательность трапециидальных импульсов длительностью 10 мс.

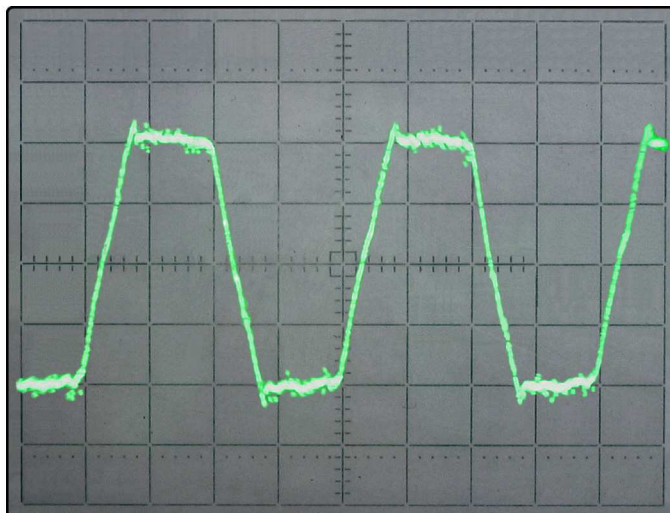


Рис. 1.5.2 Осциллограмма напряжения на первичной обмотке высоковольтного трансформатора

Как и в подавляющем большинстве питающих рентгеновских устройств в УРП ИЕС-Ф6 применен высоковольтный трансформатор, содержащий две последовательно соединенные секции вторичной обмотки с заземленной средней точкой. Выходное напряжение изменяется от ± 25 кВ до ± 60 кВ относительно земли. Это позволяет в два раза снизить напряженность электростатических полей в высоковольтных узлах устройства.

Степень почернения рентгеновской пленки или яркость изображения, полученного с помощью цифрового приемника, зависит от экспозиционной дозы излучения, падающего на тело пациента. Величина дозы определяется не только значением анодного напряжения, но и суммарным количеством излучаемых гамма квантов, то есть непосредственно зависит от количества тормозящихся на аноде электронов. Следовательно, дополнительными параметрами, позволяющими регулировать экспозиционную дозу, является анодный ток и время экспозиции при выполнении снимка. Величина экспозиционной дозы пропорциональна произведению времени экспозиции на значение анодного тока рентгеновской трубки. Для получения отчетливых снимков время экспозиции, как правило, устанавливается небольшим — в пределах нескольких сотых долей секунды при работе с цифровым приемником и при выполнении полномасштабных снимков на рентгеновскую фотопленку, и увеличивается до нескольких десятых долей секунды при работе с фотокамерами. Значение анодного тока при этом составляет 50...200 мА. Регулирование анодного тока производится изменением эмиссионной способности катода путем регулирования его температуры через величину тока накала. Для большинства рентгеновских трубок значение тока накала на рабочих режимах составляет 5..10 А.

В УРП ИЕС-Ф6 питание накала рентгеновской трубки осуществляется с помощью управляемого высокочастотного резонансного преобразователя, который работает в режиме стабилизации выходного тока. Поскольку катод трубки находится под отрицательным потенциалом до минус 60 кВ, подача мощности на нить накала осуществляется через понижающий разделительный трансформатор — накальный трансформатор, расположенный в маслонаполненном объеме ТВБ.

Регулирование длительности экспозиции осуществляется с помощью тиристорного ключа, работа которого синхронизирована с напряжением питающей сети и управляется микроконтроллером. Ключ открывается на время, кратное длительности полуволны сетевого напряжения, то есть, длительность экспозиции может изменяться с шагом 10 мс. Включение высокого напряжения производится по команде оператора, а выключение — по таймеру или сигналу внешнего устройства, например фотоэкспонетра.

Во время выполнения экспозиции в точке фокусировки электронного пучка на поверхности анода выделяется огромное количество тепла. Плотность выделяемой энергии достигает более 10 кВт на мм² и может привести к повреждению поверхности анода. Для снижения средней плотности потока энергии применяют вращение анода рентгеновской трубки. Фокусное пятно электронного луча скользит по кольцевой траектории на поверхности вращающегося анода, а эффективная площадь взаимодействия электронного луча с поверхностью увеличивается в десятки раз, пропорционально снижая плотность потока энергии. В корпусе рентгеновского излучателя расположен статор асинхронного электродвигателя, а его ротор размещается в самой рентгеновской трубке на одной оси с вольфрамовым анодным электродом.

Для раскручивания анода на статор РИДа через электронные ключи подается переменное напряжение 220 В с использованием конденсаторной фазосдвигающей цепочки для создания третьей фазы. С целью экономии ресурса вакуумных подшипников трубки организован режим торможения, который включается каждый раз после завершения снимка.

Работой всего питающего устройства и другого периферийного оборудования управляет микроконтроллер, расположенный в устройстве управления. С помощью линии последовательной связи в стандарте RS232 он связан с пультом или компьютером, выполняющим функции пульта.

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

Перед началом экспозиции микропроцессор системы управления выполняет предварительный расчет необходимого тока накала на основе калибровочных характеристик, хранящихся в памяти контроллера. При расчете тока накала учитывается амплитуда анодного напряжения и величина анодного тока, которые должны быть достигнуты при выполнении снимка.

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

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

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

1.6 Структурный и функциональный состав УРП

Схема электрических соединений базового комплекта УРП показана на рисунке 1.6.1. Основу УРП составляет устройство управления ИЕС-F6 (АНЖА 25.00.00) и трансформаторно-выпрямительный блок (далее ТВБ). В качестве периферийного оборудования к устройству управления подключаются остальные составляющие системы. Черным цветом на схеме показаны устройства и изделия, которые могут быть включены в комплект поставки, а голубым цветом — другое оборудование, входящее в состав флюорографического рентгеновского аппарата.

Силовое питание 220В / 50Гц поступает в устройство управления по кабелю KBL-11 (АНЖА 30.11.00) и вводится через разъем X1. После амплитудного ограничения с помощью широтно-импульсного регулятора, расположенного в устройстве управления, питающее напряжение через разъем X2 подается кабелем KBL-9 (АНЖА 30.09.00) в ТВБ (АНЖА 29.00.00) для питания первичной обмотки высоковольтного трансформатора. Напряжение вторичной обмотки после выпрямления через разъемы ХА и ХК по высоковольтным кабелям поступает в рентгеновский излучатель (РИД) на анод и катод рентгеновской трубки. По кабелю KBL-9 также передается напряжение питания первичной обмотки накального трансформатора, который расположен в ТВБ.

Для обеспечения вращения анода рентгеновской трубки в процессе выполнения снимка на статорные обмотки РИДа по кабелю KBL-2 (АНЖА 30.02.00) подается трехфазное напряжение 220В через разъем RXT с блока RB05, размещенного в устройстве управления. По этому же кабелю в блок RB05 с соответствующего датчика поступает шумовой сигнал контроля вращения анода.

Пульт управления PU04 (АНЖА 27.00.00) соединяется с разъемом X5 блока управления с помощью кабеля KBL-1.4 (АНЖА 30.01.00). С помощью этого кабеля в пульт передается напряжение питания + 12 В, сигнал индикации высокого напряжения, а также осуществляется двухсторонняя передача сигналов управления. Кнопка включения высокого напряжения (АНЖА 28.00.00) подсоединяется непосредственно к пульта через разъем ХРК.

Кнопки включения и выключения РПУ могут быть вынесены в удобное для оператора место и подсоединены к блоку управления с помощью кабеля KBL-7 (АНЖА 30.07.00).

Взаимодействие РПУ с другими устройствами осуществляется с помощью модулей расширения, подключаемых к устройству управления через встроенный магистральный интерфейс. Для контроля электромеханических приводов кабины флюорографа в блок управления устанавливается модуль НМ07 (АНЖА 25.11.00). Через разъем внешних соединений НХВ этого модуля кабелем KBL-5 (АНЖА 30.05.00) подключается блок управления приводами ВС2-220 (АНЖА 22.00.00).

На рисунке 1.6.2 показан вариант схемы электрических соединений с другим составом периферийного оборудования.

Во время процесса выполнения рентгеновских экспозиций питающее устройство должно снабжать рентгеновский излучатель необходимыми напряжениями, гарантируя при этом соблюдение всех временных последовательностей формирования сигналов, а также контроль электрических параметров и управление процессами подготовки и выполнения снимков. Для выполнения этих задач устройство содержит целый ряд функциональных систем, основными из которых являются:

- система питания рентгеновской трубки высоким напряжением;
- система управления накалом катода рентгеновской трубки;
- система вращения анода рентгеновской трубки;
- система электропитания;
- система микропроцессорного контроля и управления;
- система командного управления.

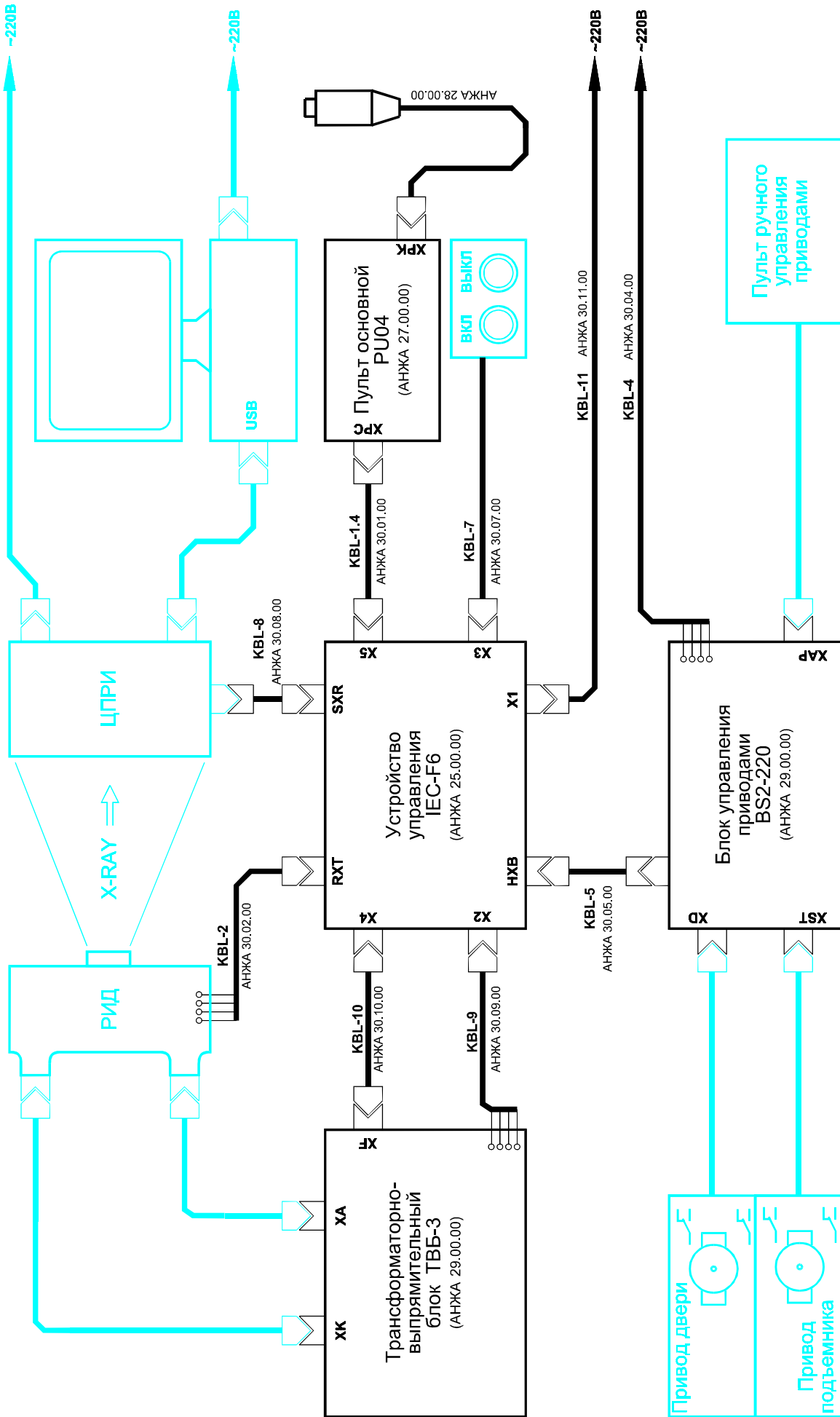


Рис. 1.6.1. Устройство рентгеновое питающее. Базовый комплект. Схема электрических соединений

1.7 Синхронизация внешних устройств

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

Программой предусмотрено три основных режима синхронизации снимка.

1.7.1 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 снимка, а экспозиция начинается непосредственно после нажатия второго упора кнопки со случайной задержкой 0...10 мс. Наличие этой задержки обусловлено привязкой момента открытия тиристора к переходу через ноль питающего напряжения. Выполнение снимка сопровождается генерацией соответствующих сигналов, временная зависимость которых показана на рис. 1.7.1, а состояние сигналов внешнего управления в этом режиме игнорируется.

1.7.2 Режим синхронизации цифрового приемника рентгеновского излучения (далее ЦПРИ) отличается от предыдущего тем, что по нажатию второго упора кнопки снимка на цифровой приемник передается сигнал готовности к включению высокого напряжения REX (Ready EXposition), а само включение высокого напряжения происходит после подачи внешнего сигнала управления ON-HV. Выключение экспозиции в этом режиме происходит по таймеру или по снятию сигнала ON-HV. Для перевода питающего устройства в данный режим синхронизации необходимо в файле настроек РПУ установить в единицу соответствующий бит управления. Временные диаграммы, характеризующие работу этого режима, показаны на рис. 1.7.2.

1.7.3 Режим работы с экспонетром дополняет предыдущие два режима возможностью преждевременного выключения высокого напряжения по сигналу фотоэкспонетра. Включение данного режима выполняется программно через файл настроек РПУ, а логика работы устройства и временные диаграммы показаны на рис. 1.7.2, е.

1.7.4 Перечень сигналов, приведенных на эпюрах:

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

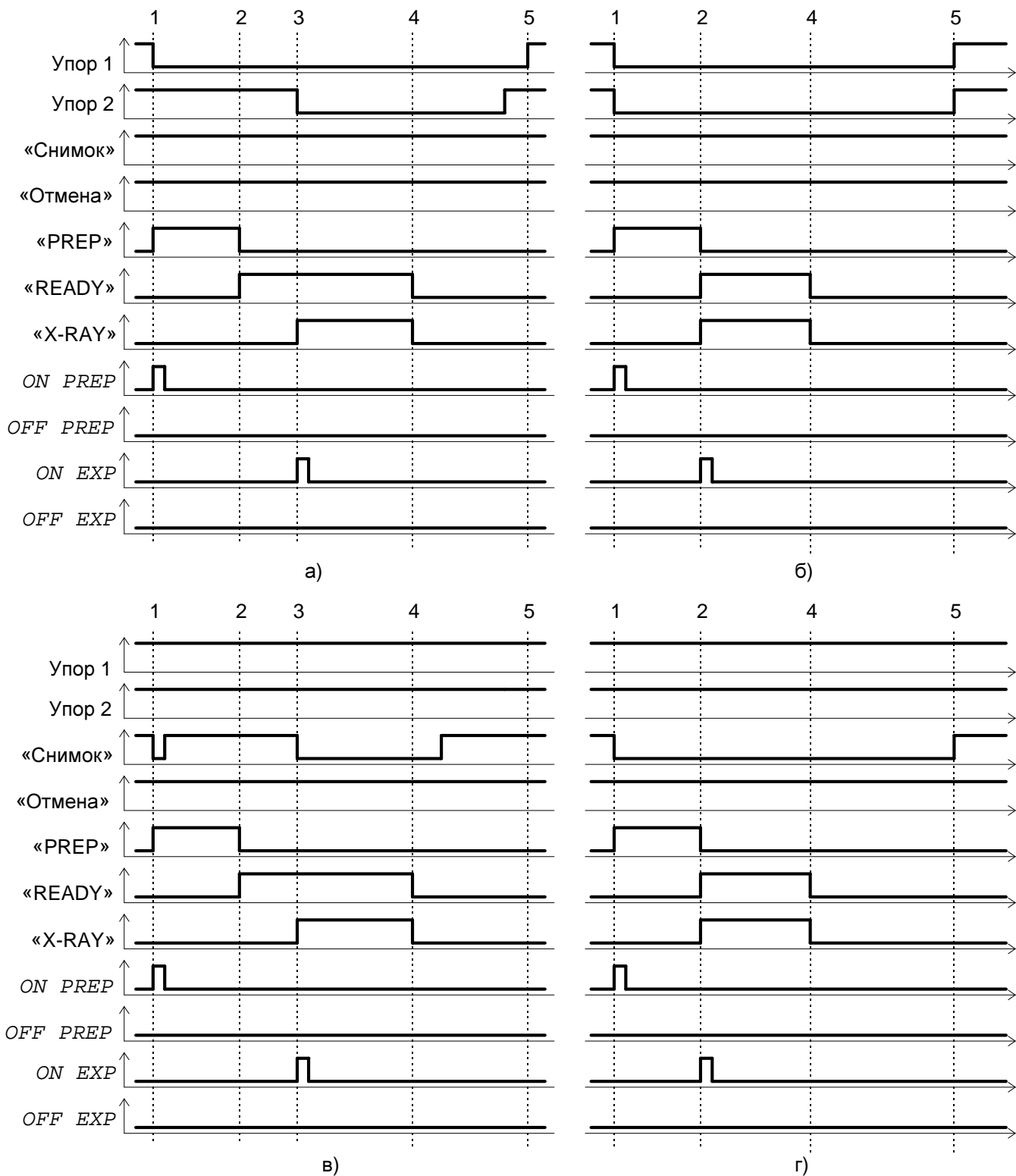


Рис. 1.7.1 Эпюры формирования сигналов и команд при выполнении снимка

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

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

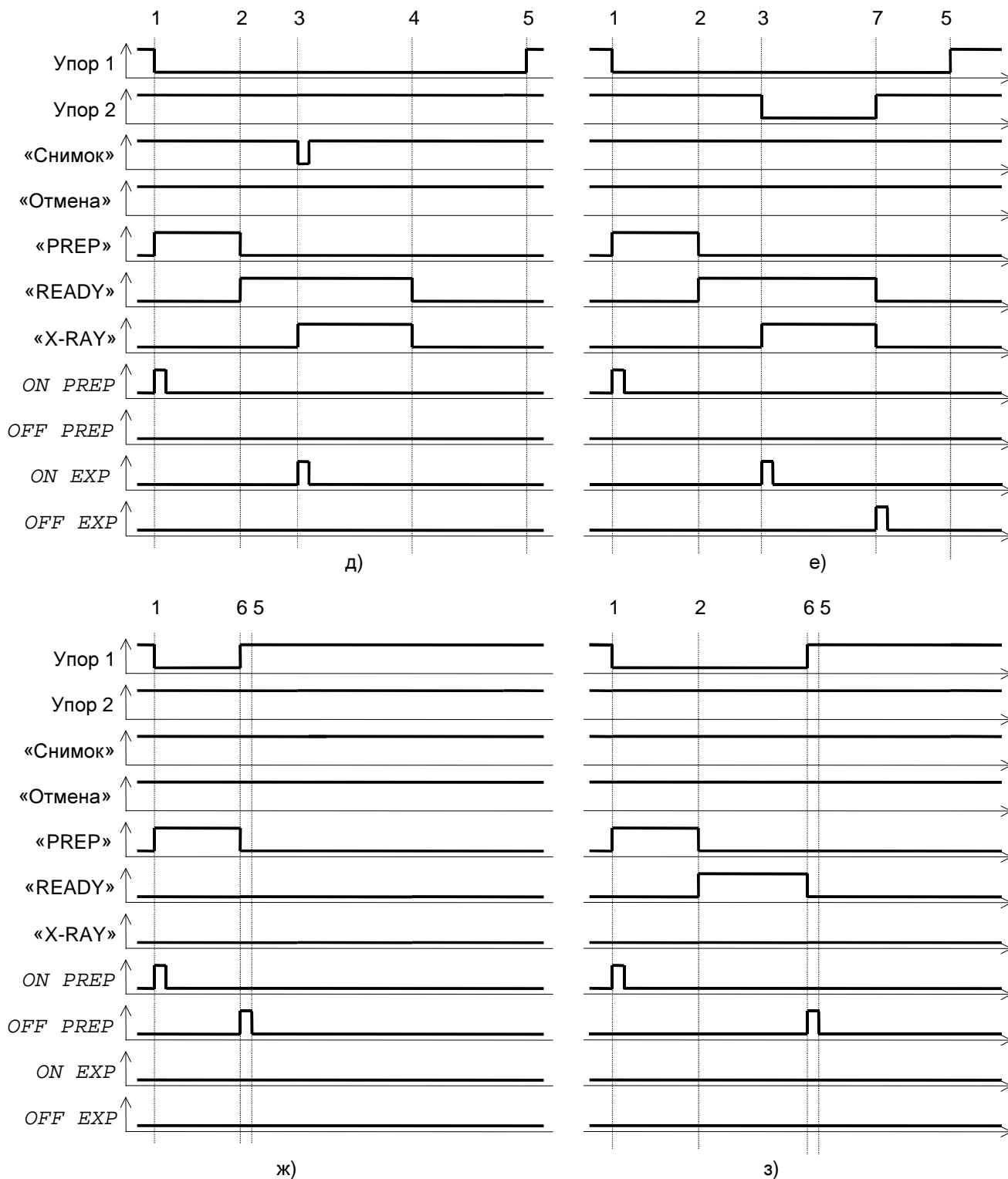


Рис. 1.7.1 Эпюры формирования сигналов и команд при выполнении снимка

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

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.

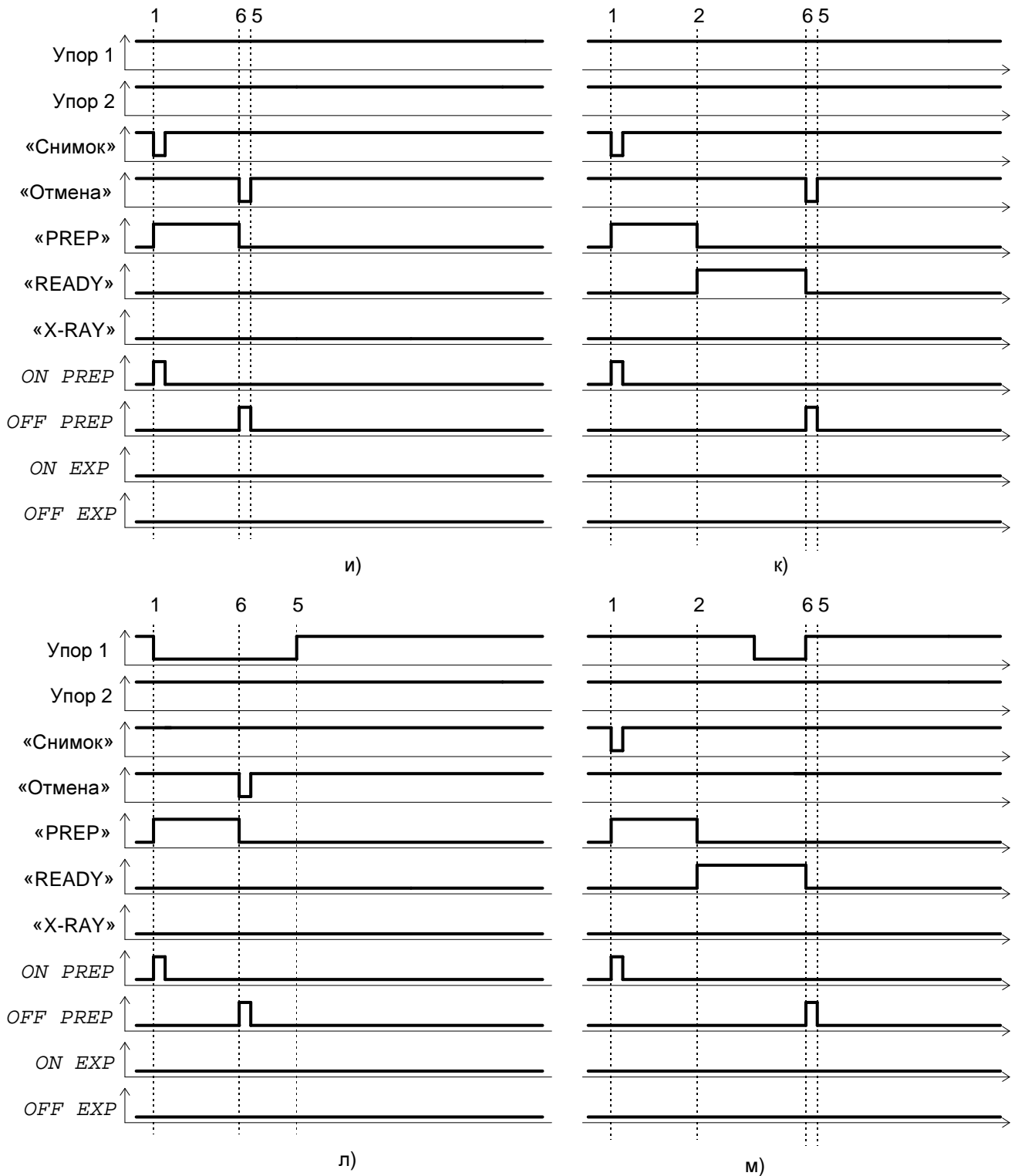


Рис. 1.7.1 Эпюры формирования сигналов и команд при выполнении снимка

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

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

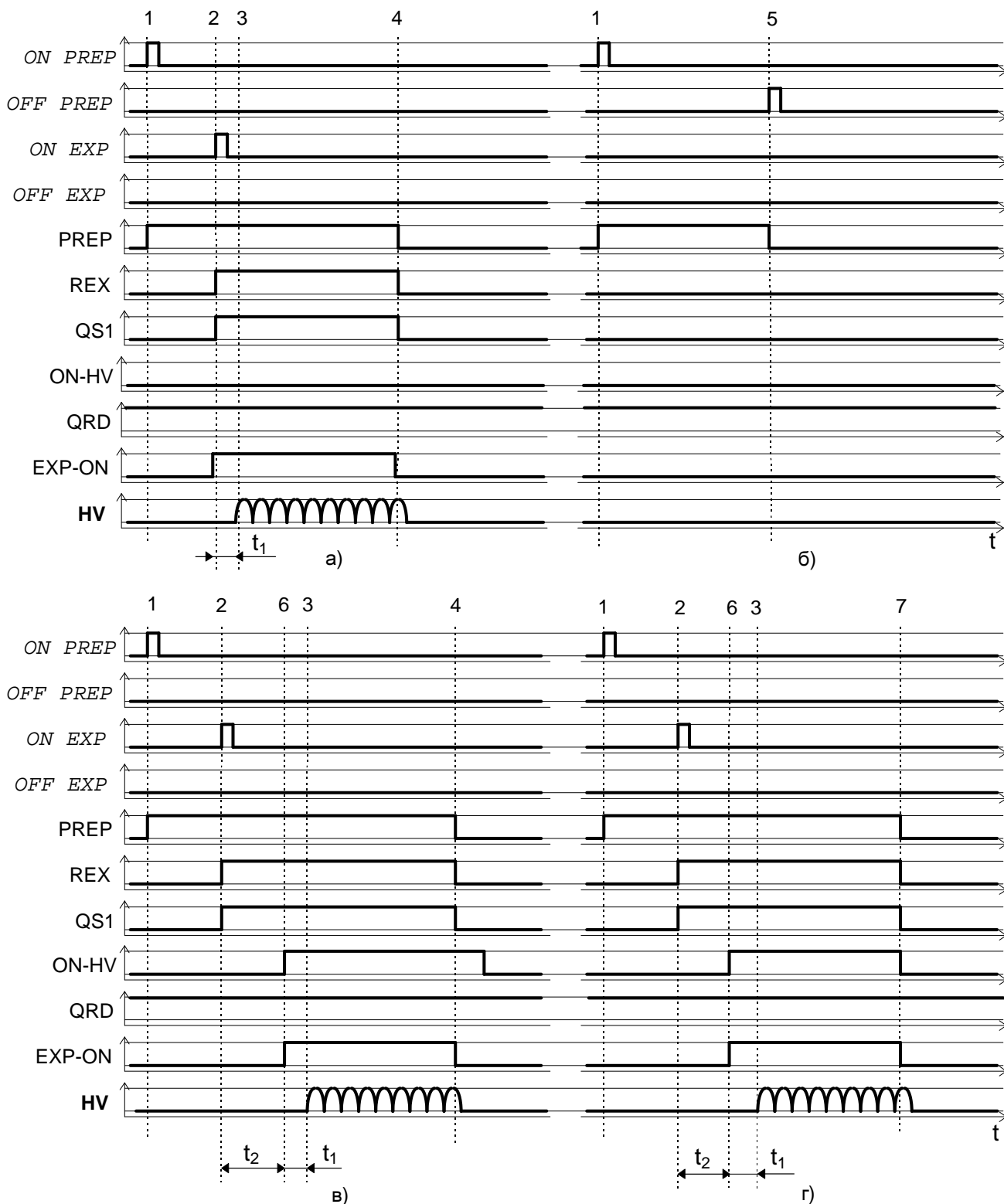


Рис. 1.7.2 Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

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

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

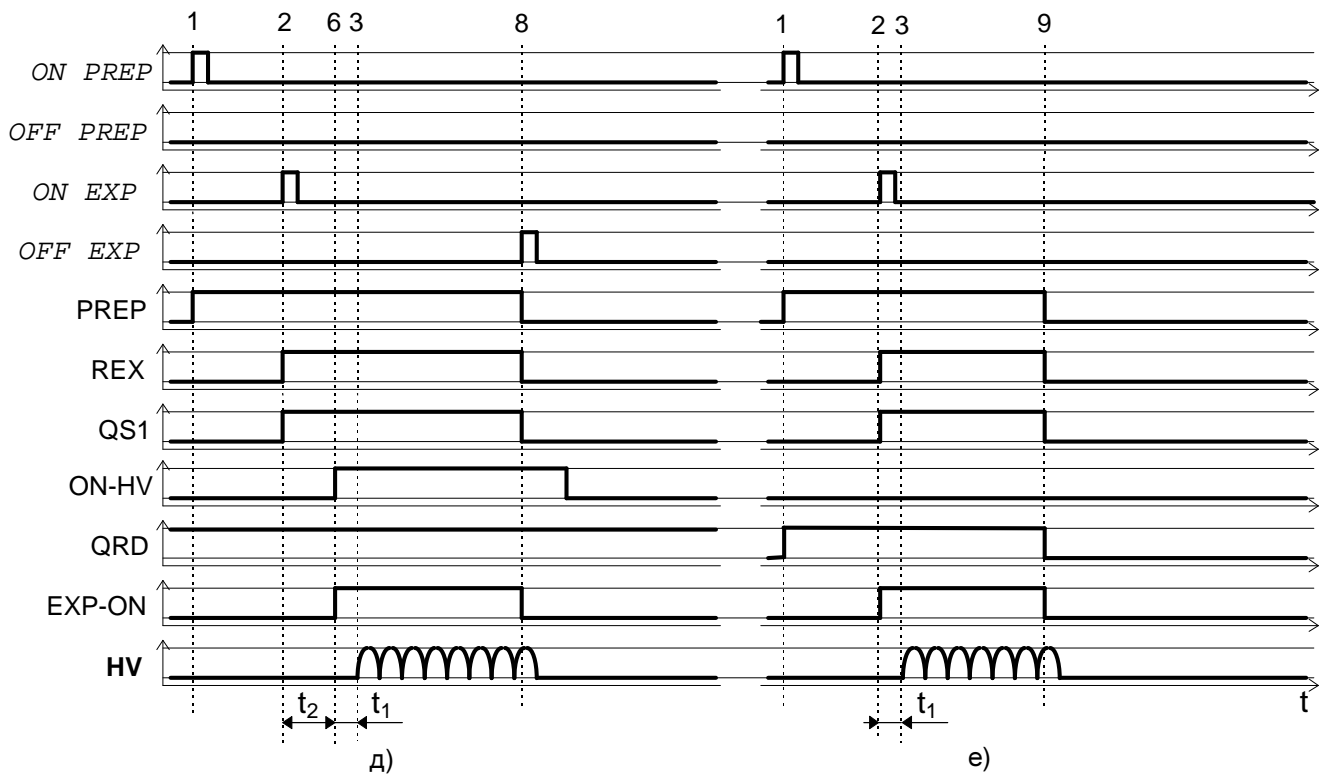


Рис. 1.7.2 Эпюры формирования сигналов при выполнении снимка

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

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