

Б-534

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3455



Т.В. Беспалова, Н.Г. Борисов, В.В. Глаголев,
Э.В. Козубский, Р.М. Лебедев, А.М. Моисеев,
И.С. Саитов, В.П. Сергеев, В.Ф. Сиколенко,
Г.М. Сусова

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

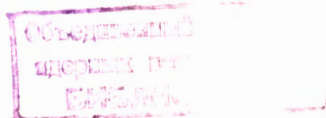
ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ
С ЭЛЕКТРОННЫМ
ПРОГРАММНЫМ УСТРОЙСТВОМ (ЭПУ-4)
МЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ

1967.

13 - 3455

5389/3 нр.
Т.В. Беспалова, Н.Г. Борисов, В.В. Глаголев,
Э.В. Козубский, Р.М. Лебедев, А.М. Моисеев,
И.С. Саитов, В.П. Сергеев, В.Ф. Сиколенко,
Г.М. Сусова

ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ
С ЭЛЕКТРОННЫМ
ПРОГРАММНЫМ УСТРОЙСТВОМ (ЭПУ-4)
МЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ



В в е д е н и е

Современный физический эксперимент, проводимый с пузырьковыми камерами в пучках ускорителей, требует получения сотен тысяч и даже миллионов фотографий. Поэтому к системам управления и контроля за режимом работы таких установок предъявляются повышенные требования с точки зрения стабильности и надежности их работы.

Для водородных камер требования к стабильности и надежности становятся еще более серьезными из-за специфических свойств жидкого водорода. Кроме того, для больших водородных камер особое значение приобретают вопросы защитных блокировок и аварийной сигнализации, обеспечивающих безопасность работы.

При создании электронного программного устройства для метровой водородной камеры^{/1/} мы исходили из следующих конкретных величин.

1. Время цикла синхрофазотрона - $6 \pm 0,3$ сек.
2. Длительность сброса пучка на мишень порядка 0,5 мсек.
3. Стабильность сброса пучка на мишень относительно импульса для синхронизации физической аппаратуры (ИФА) - $1 \pm 2\%$.
4. Время сброса давления в камере 20 мсек.
5. Плато на кривой давления - 10 мсек.
6. Время роста пузырьков в водороде до фотографируемых размеров порядка 1 мсек^{/5/}.

Особенности ЭПУ-4

По сравнению с электронными системами управления пузырьковых камер /2,3,4/ ЭПУ-4 имеет следующие особенности:

Почти все электронные схемы выполнены на полупроводниковых приборах.

Применение электронных ламп ограничено лишь теми случаями, где полупроводниковые приборы не могут сравнительно простыми средствами обеспечить необходимые параметры.

В целях максимального использования положительных свойств полупроводниковых приборов все транзисторы используются в импульсных режимах с узкополосными связями по переменному току.

Сигнализация о работе систем управления функциональными цепями построена по принципу индикации прохождения командных сигналов и получения сигналов об исполнении поданных команд.

Для надежной индикации неисправностей и аварийных режимов функциональных цепей водородной камеры, работающих в импульсных режимах, применены логические схемы "ИЛИ" и "ИЛИ" и система световой и звуковой сигнализации, автоматически отключающейся после устранения неисправности.

Вся установка ЭПУ-4 делится на блоки, в которых заключена функционально обособленная часть аппаратуры, например: блок управления электромагнитными клапанами, блок управления импульсными лампами и т.п. В свою очередь, блоки содержат элементы электрических схем и модули. На модули вынесены наиболее подверженные отказам компоненты, что обеспечивает быструю их замену в случае необходимости. Однако при слишком мелком дроблении принципиальной схемы резко увеличивается число разъемных соединений, что уменьшает надежность аппаратуры, затрудняет наладку и контроль функционально не завершенных ячеек и существенно усложняется эксплуатацию аппаратуры. Модули, принятые для ЭПУ-4, представляют собой функционально законченные элементы схем, обеспечивающие возможность их применения в различных блоках. Схемы всех блоков содержат логическую комбинацию нескольких из одиннадцати принятых для аппаратуры ЭПУ-4 модулей, названных платами. Каждая плата соединяется со схемой блока с помощью разъема. Примеры типовых схем модулей приведены на рис. 1, а общий вид модуля - на рис. 2.

Для обеспечения возможности внесения изменений в схему функционирования систем пузырьковой камеры блоки управления соединены с исполнительными органами через клеммник, перестановкой переключателей на котором можно изменять управляемый объект или заводить на блоки дополнительные сигналы.

Элементы схем, расположенные во взрывоопасном помещении (около камеры) и находящиеся под напряжением, заключены в продуваемые газообразным азотом кожухи, выполненные в соответствии с действующими правилами.

3. Временная диаграмма работы пузырьковой камеры

Состояние жидкости в камере характеризуется кривой изменения давления, которая указывает на степень перегрева жидкости в камере в разные моменты времени (рис. 3). Для того чтобы возникающие вдоль траектории заряженной частицы в перегретой жидкости зародышевые пузырьки пара вырастали до фотографируемого размера, необходима некая начальная степень перегрева. Если частица пролетела в момент, когда эта начальная степень перегрева не достигнута, то зародыши исчезнут за время порядка 10^{-10} сек. При достаточной степени перегрева зародыши вырастут в пузырьки размером $2 \cdot 10^{-2}$ см за время порядка 1 мсек. За это время пузырьки успевают всплыть на расстояние порядка 1-1,5 мм и могут быть снесены перемещением жидкого водорода /5/. Эти обстоятельства накладывают жесткие требования на синхронизацию момента попадания частиц в камеру с определенной зоной кривой изменения давления и моментом фотографирования.

ЭПУ получает четыре внешних синхросигнала. Первый импульс приходит от ускорителя за 3 секунды до сброса частиц на мишень. Он запускает систему оповещения начала ускорения. Второй импульс (ИФА) запускает физическую аппаратуру. Импульс приходит от ускорителя за 40-80 мсек до сброса частиц на мишень. Он запускает систему, управляющую механизмом расширения. Третий импульс приходит от ускорителя на 3-5 мсек до сброса частиц. Он запускает систему стробирования. 4-й импульс приходит от первой стробированной частицы, пролетающей через сцинтилляционный телескоп, расположенный у камеры. Этот сигнал с задержкой 1-2 мсек запускает систему поджига импульсных ламп. Все остальные исполнительные импульсы, управляющие работой

узлов камеры, вырабатываются функциональными электронными блоками, каждый из которых предназначен для управления соответствующим узлом-устройством, работающим совместно с камерой.

Рабочий цикл в жидкости метровой водородной камеры завершается за 60-70 миллисекунд: расширение 20 мсек, состояние перегрева 10 мсек, поджатие 40 мсек.

3 Функциональная схема

Упрощенная функциональная схема ЭПУ-4 приведена на рис. 5, который следует рассматривать вместе с рис. 3 и таблицей 1. Работа программного устройства осуществляется в двух режимах: "РАБОТА" и "НАСТРОЙКА".

В режиме "Работа" функционирование системы возможно только совместно с ускорителем в соответствии с приведенной выше временной диаграммой.

В режиме "Настройка" может быть произведена проверка работы всей системы в целом с частотой циклов от 3 до 9 секунд. Можно проводить также независимые испытания каждого блока в отдельности.

Схема ЭПУ состоит из следующих основных систем:

1. Системы имитации цикла ускорителя и звукового предупреждения оператора о начале рабочего цикла.
2. Настраечного генератора (НГ).
3. Блоков временных задержек (БВЗ).
4. Управления клапаном расширения (БУ-КР).
5. Управления клапаном поджатия (БУ-КП).
6. Управления импульсными лампами подсвета (БУ-ПИ).
7. Управления стереофотокамерами (БУ-СКФ).
8. Стробирования.
9. Автоматической записи интенсивности с выводом на самописец (БЗИП).
10. Электронной коммутации осциллографируемых сигналов (БЭК).
11. Световой и звуковой сигнализации неисправностей, аварийных режимов и блокировок.
12. Электропитания аппаратуры ЭПУ-4.

Система имитации (1) необходима, поскольку в отсутствие ИФА прекращает работу механизм расширения и поджига камеры, что может привести к выходу ее из рабочего режима. Система имитации автоматически следит за наличием ИФА и в случае его исчезновения с пропуском не более одного цикла подключает вместо ИФА имитационный генератор, работающий с частотой следования ИФА. После появления синхронизирующих импульсов ИФА система снова автоматически подключает ЭПУ к работе от ускорителя с пропуском не более одного рабочего цикла.

Запускающий импульс через блокирующее устройство подается на БВЗ-1 (см. временную диаграмму рис. 5), который управляет системой импульсного питания обмоток клапана расширения (4)^{17/}.

Выходным импульсом БВЗ-1 через блок задержки БВЗ-2 запускается система управления клапаном поджатия, которая работает аналогично системе управления клапаном расширения.

Система стробирования предназначена для исключения ложных запусков импульсных ламп от фоновых частиц. Она запускается импульсом 3 и управляется блоками задержек БВЗ-5 (начало строба) и БВЗ-6 (конец строба).

Система импульсного подсвета рабочего объема вродородной камеры (6) управляется: либо через схему стробирования, либо через блок временной задержки БВЗ-3 (параметрическая синхронизация). Наличие вспышек импульсных ламп контролируется фотодиодами. Выходные сигналы фотодиодов поступают на систему измерения задержки в поджиге импульсных ламп и через логическую схему "ИЛИ" включают цепи систем управления стереофотокамерами. Система измерения задержки контролирует разброс в поджиге импульсных ламп и при выходе его из допустимых пределов включает соответствующий световой сигнал.

В водородной пузырьковой камере очень важно знать следующие характеристики:

- а) одновременность перегрева жидкости по всему объему,
- б) наличие дисторсий в разных частях фотографируемого объема камеры, обусловленных дрейфом жидкого водорода и другими факторами.

Поэтому в системе поджига импульсных ламп осветителя, который состоит из трех проекторов, освещающих каждый свою треть камеры, предусмотрены задержки (БВЗ-7 - БВЗ-9). С помощью этих задержек можно сдвигать время поджига ламп 1,2,3 относительно друг друга на 10 миллисекунд. Таким

образом, на одном и том же сьемке можно видеть следы частицы, сфотографированные с разными задержками. Наличие такой системы задержек также облегчает выбор наилучшего момента времени впуска частицы в камеру.

Для визуального контроля за временной диаграммой работы функциональных узлов жидководородной камеры пусковые и исполнительные импульсы систем через логическую схему "ИЛИ" подаются на двухлучевой осциллограф. Специальный коммутатор позволяет наблюдать на экране осциллографа эти импульсы одновременно с кривой изменения давления в камере, получаемой с помощью емкостных датчиков давления.

Для непрерывного контроля, регистрации и регулировки загрузки камеры пучковыми частицами предусмотрены системы дозирки^{16/} и индикации с помощью декадных счётчиков с автоматической записью их показаний на самописце.

Выходные импульсы, вырабатываемые каждым функциональным блоком, а также обратные импульсы, подтверждающие исполнение команд, заводятся на логические схемы "НЕТ". В случае отсутствия одного из указанных импульсов схема "НЕТ" включает соответствующий световой сигнал; одновременно логическая схема "ИЛИ" включает звуковой сигнал, обращая внимание оператора на наличие неисправности. Таким образом, система "ИЛИ" фиксирует наличие неисправности, а система "НЕТ" указывает цепь, в которой она появилась. Помимо перечисленных основных систем функциональная схема содержит цепи аварийной сигнализации и блокировки, связанные с исполнительными органами управления камерой и вторичными контрольными и регистрирующими приборами, расположенными в непосредственной близости от водородной камеры. Система блокировок предусматривает автоматическое отключение соответствующих цепей в случае понижения давления азотного продува ниже допустимого и исключает возможность доступа к этим цепям без предварительного их выключения на пульте.

Система обеспечивает блокировку импульса запуска механизмов расширения-поджатия, подачу звукового и светового сигналов в случаях:

- 1) повышения давления в камере;
- 2) понижения давления в надувном уплотнении;
- 3) понижения давления в перекачиваемой мембране;
- 4) понижения давления в удерживающем объеме механизма расширения.

- 5) понижения давления под поршнем;
- 6) ухудшения вакуума в изоляции дьюара;
- 7) ухудшения вакуума в контрольных объемах уплотнения;
- 8) отсутствия азотного продува в любом из кожухов.

На рис. 6 показан общий вид ЭПУ-4, а на рис. 7 — один из блоков.

З а к л ю ч е н и е

Принцип построения электронных программных устройств из обособленных функциональных систем, состоящих из блоков и модулей, был реализован в схемах управления работой метровой водородной и ксеноновой пузырьковых камер ЛВЭ ОИЯИ.

Схемы показали достаточную надежность, стабильность и удобство в эксплуатации при общей наработке свыше 10^6 циклов (более 10^4 часов).

По мнению авторов, эти принципы могут быть рекомендованы для построения систем управления пузырьковыми камерами.

Мы пользуемся случаем выразить признательность за разработку конструкции ансамбля ЭПУ И.М.Гришину; за творческий подход при изготовлении и монтаже блоков ЭПУ Б.К.Курятникову, С.И.Воробьеву и Л.А.Леонову; за ценные дискуссии и полезные советы А.Г.Зельдовичу, Е.И.Дьячкову и Н.И.Павлову.

Л и т е р а т у р а

1. A.V.Belonogov, A.A.Belushkina, R.Vinaver, V.N.Vinogradov, V.V.Glagolev, E.I.Dyachkov, A.G.Zel'dovich, N.K.Zel'dovich, E.V.Kozubsky, R.M.Lebedev, M.Maly, N.M.Melnikova, A.M.Moiseev, I.S.Saitov, Yu.A.Turbin, E.P.Ustenko, I.V.Chuvilo, Yu.A.Shishov. Nuclear Instruments and Methods, 20, 114 (1963).
2. М.П.Баландин, В.Г.Гребеняк, Г.И.Селяванов. ПТЭ, 5, 60, 1962.
3. А.В.Богомолв, Ю.А.Будагов, А.Т.Василенко и др. ПТЭ, 1, 61, 1964.
4. В.И.Баранов, Р.С.Шляпников, ПТЭ, 3, 1966.
5. Ю.А.Александров, Т.С.Воронов, В.М.Горбунков, Н.Б.Делоне, Ю.И.Нечаев "Пузырьковые камеры" г.Москва. Госатомиздат, 1963.

6. В.В.Глаголев, Э.В.Козубский, Р.М.Лебедев, Н.И.Малашкевич, С.В.Мухин, Н.И.Павлов, А.Прокеш, И.С.Сайтов, И.Н.Семенюшкин, В.Ф.Сиколенко, Препринт ОИЯИ, 13-3422, 1967.
7. Сиколенко В.Ф. Препринт ОИЯИ 13-3187, 1967 г.

Рукопись поступила в издательский отдел

21 июля 1967 года.

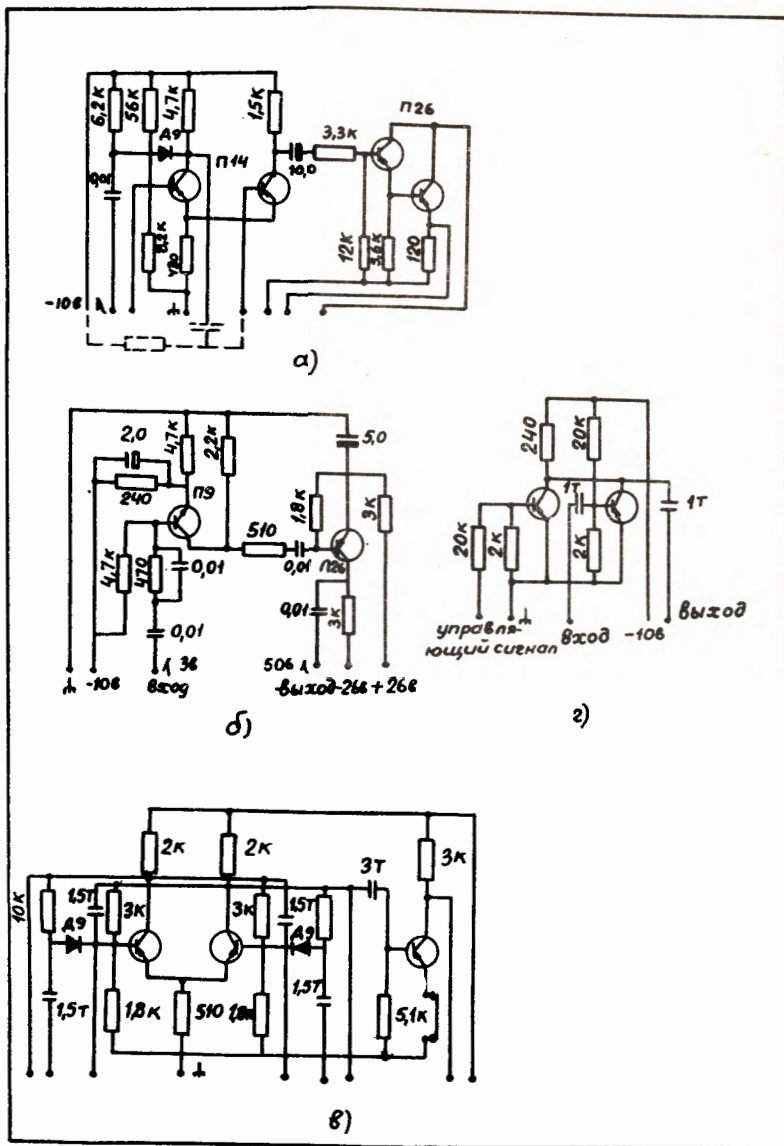


Рис. 1. Примеры схем типовых модулей
 а) ждущий мультивибратор, используемый как расширитель и формирователь импульсов, задержек и т.п.;
 б) усилитель коммуникационных сигналов;
 в) триггер;
 г) триодный ключ.

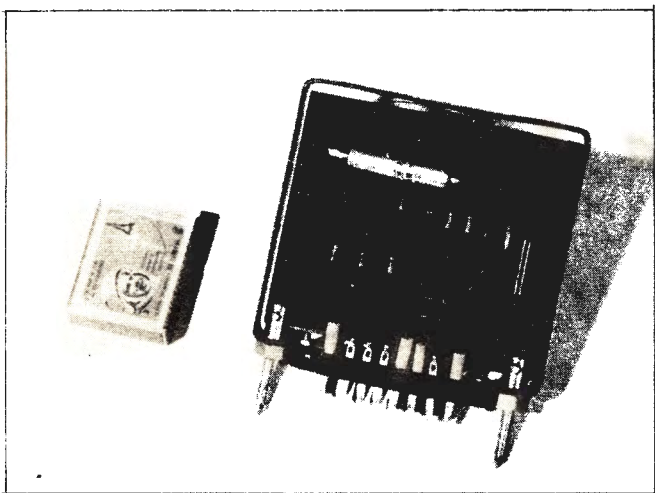


Рис. 2. Общий вид модуля А (рис. 1).

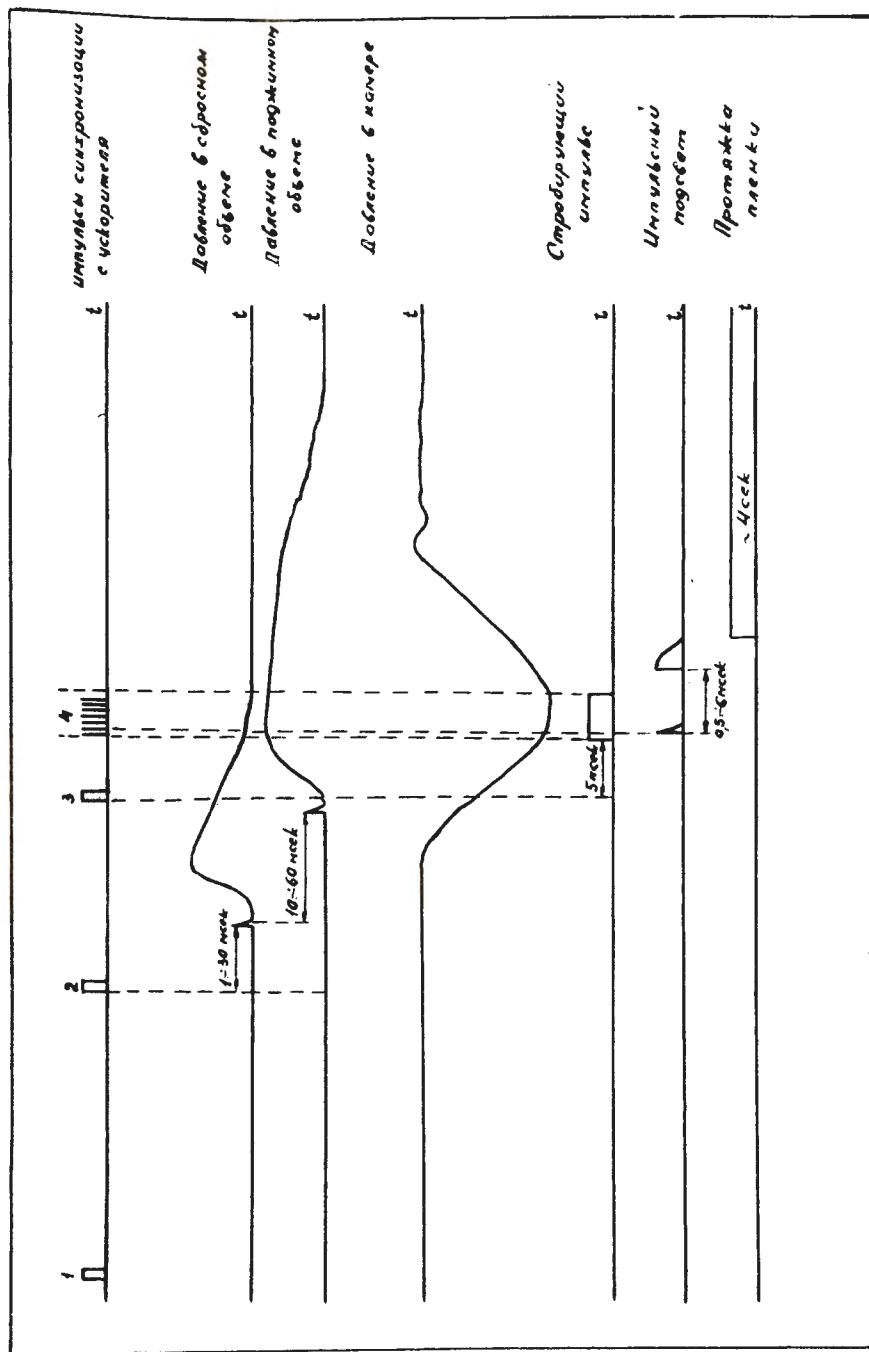


Рис. 3. Временная диаграмма синхронизации пузырьковой камеры с ускорителем.

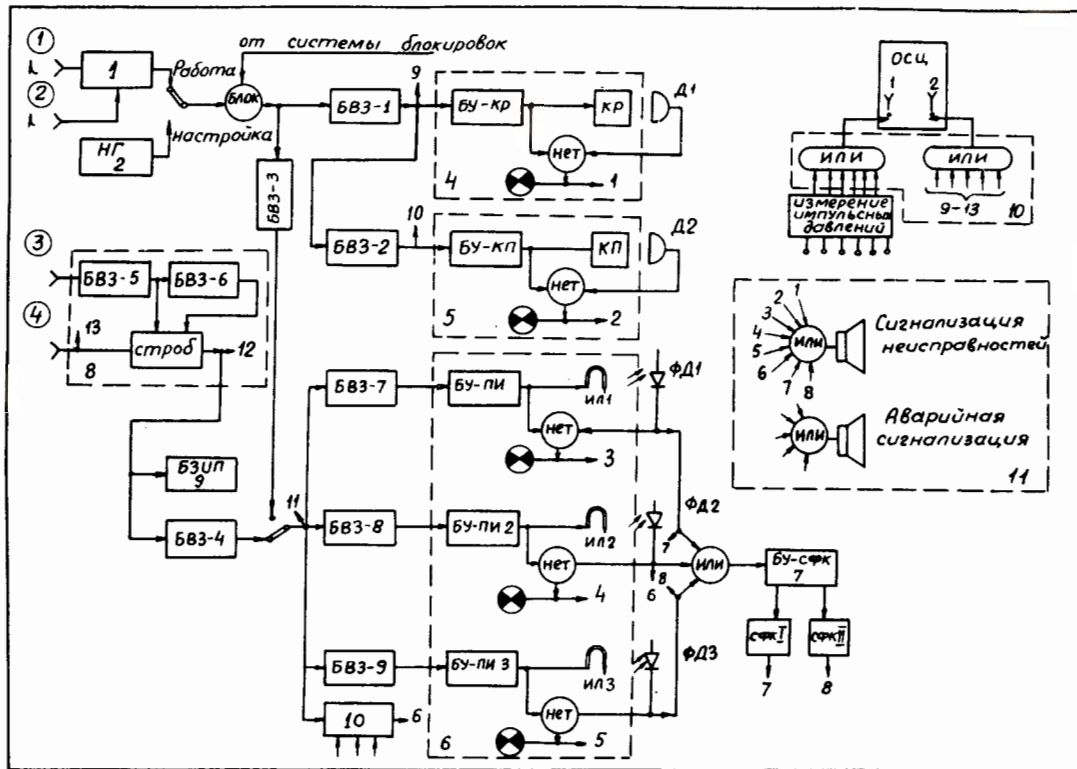


Рис. 4. Упрощенная функциональная схема ЭПУ-4

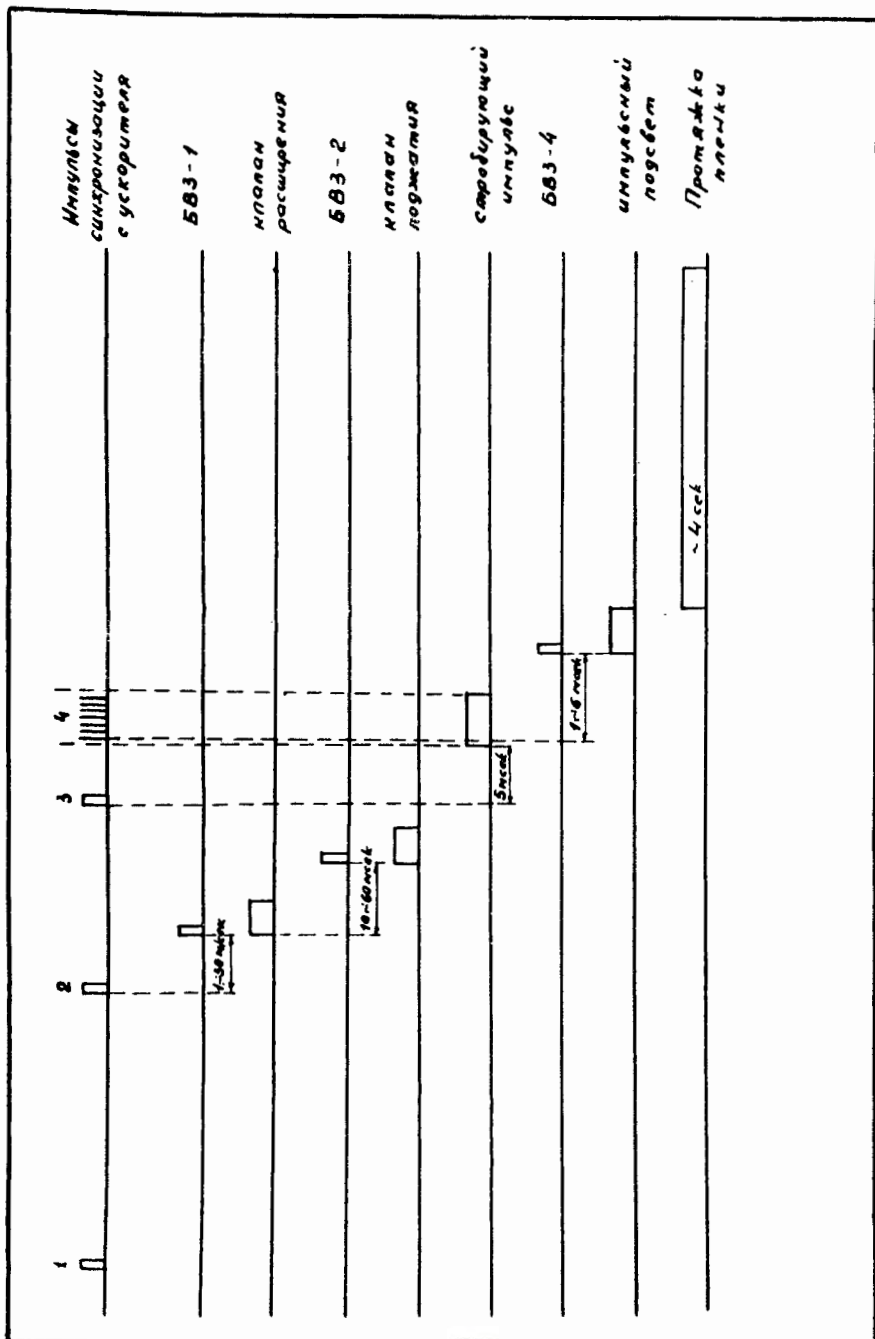


Рис. 5. Временная диаграмма аппаратуры управления камерой



Рис. 6. Общий вид ЭПУ-4

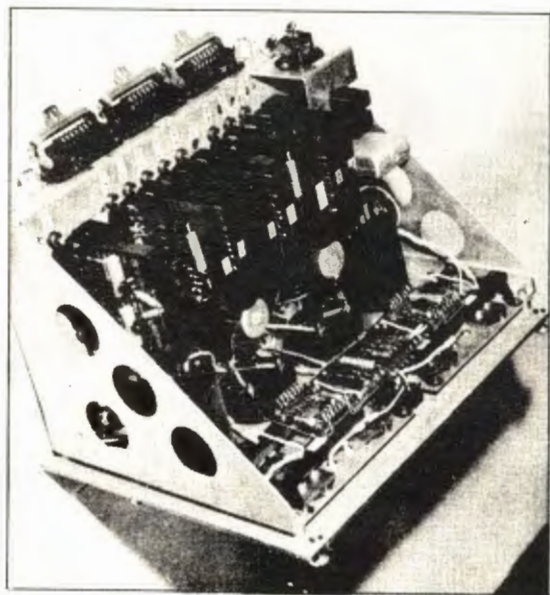


Рис. 7. Блок управления клапанами