

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ПОТЕНЦИАЛА РТУТИ (АТОМА  
ИНЕРТНОГО ГАЗА). ОПЫТ ФРАНКА И ГЕРЦА.**

**ФКЛ-6**

**ПАСПОРТ.**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.**

**2011 г.**

## 1. Назначение.

Лабораторный модуль ФКЛ-6 предназначен для постановки лабораторных работ по курсу «Квантовая физика» («Атомная и ядерная физика») в физическом практикуме ВУЗов. Данная установка позволяет получить вольт-амперные характеристики газонаполненного триода, с максимумами, характерными для опыта Франка и Герца; проводить лабораторные и демонстрационные опыты по определению резонансного потенциала атома ртути либо инертного газа.

Модуль выполнен в виде законченного блока, не требующего вмешательства пользователей в процессе эксплуатации. Установка предназначена для работы с осциллографом любого типа, имеющим резистивный вход Y.

## 2. Технические условия и комплектующие.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Напряжение питания       | 220 В  |
| Потребляемая мощность    | не более 100 Вт  |
| Амплитуда развертки ГЛИН | не более 42 В  |
| Условия эксплуатации     | температура 20 °С при нормальном атмосферном давлении. |

### *Состав модуля ФКЛ-6:*

|  |       |
|--|-------|
| Генератор Линейно Изменяющегося напряжения | 1 шт. |
| Модуль синхронизации                       | 1 шт. |
| Стабилизированный модуль питания           | 1 шт. |
| Исследуемый триод ПМИ-2 либо ТГ1-0.1/0.3   | 1 шт. |

Следует отметить, что разделение составных частей лабораторного модуля является условным, т. к. несколько составных частей могут быть выполнены на одной печатной плате. Основной частью модуля ФКЛ-6 является газонаполненная лампа ТГ1-0.1/0.3 (либо ПМИ-2), в которую введено строго дозированное количество инертного газа (паров ртути).

#### 4. Устройство и принцип работы. Приборы и оборудование.

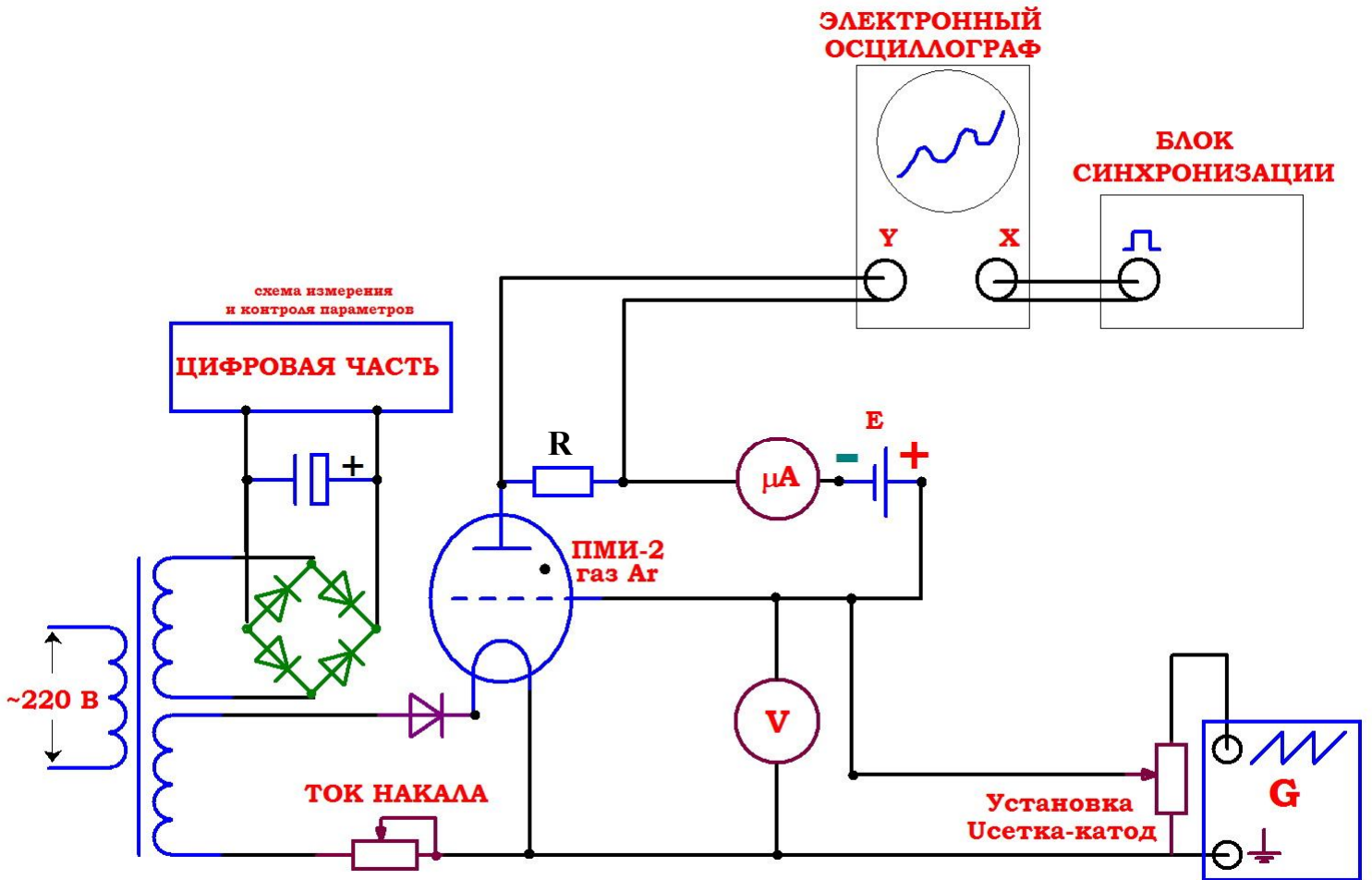


Рис. 11. Блок-схема экспериментальной установки ФКЛ-6 для проведения опыта Франка и Герца

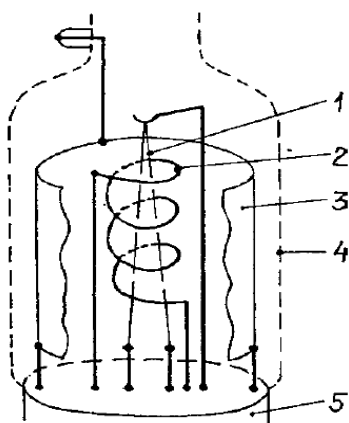


Рис. 12 Устройство лампы ПМИ-2 :

1. Нить накала.
2. Сетка.
3. Анод.
4. Стекланный баллон.

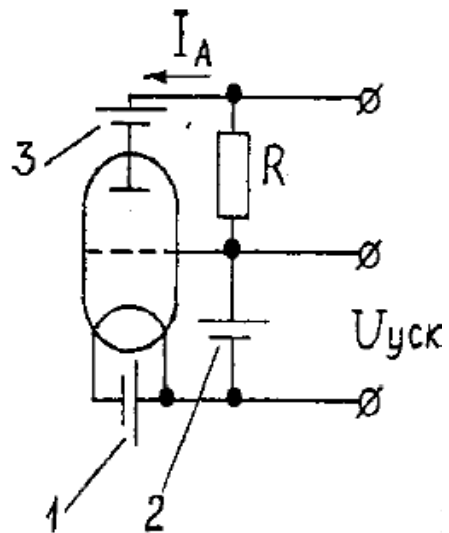


Рис. 13. Электрическая схема включения лампы ПМИ-2 и упрощенная схема опыта Франка и Герца:

1. Источник питания накала.
  2. Источник питания ускоряющего напряжения  $U_{\text{уск}}$ .
  3. Источник питания напряжения задержки  $U_{\text{зад}}$ .
- $I_A$  – анодный ток.

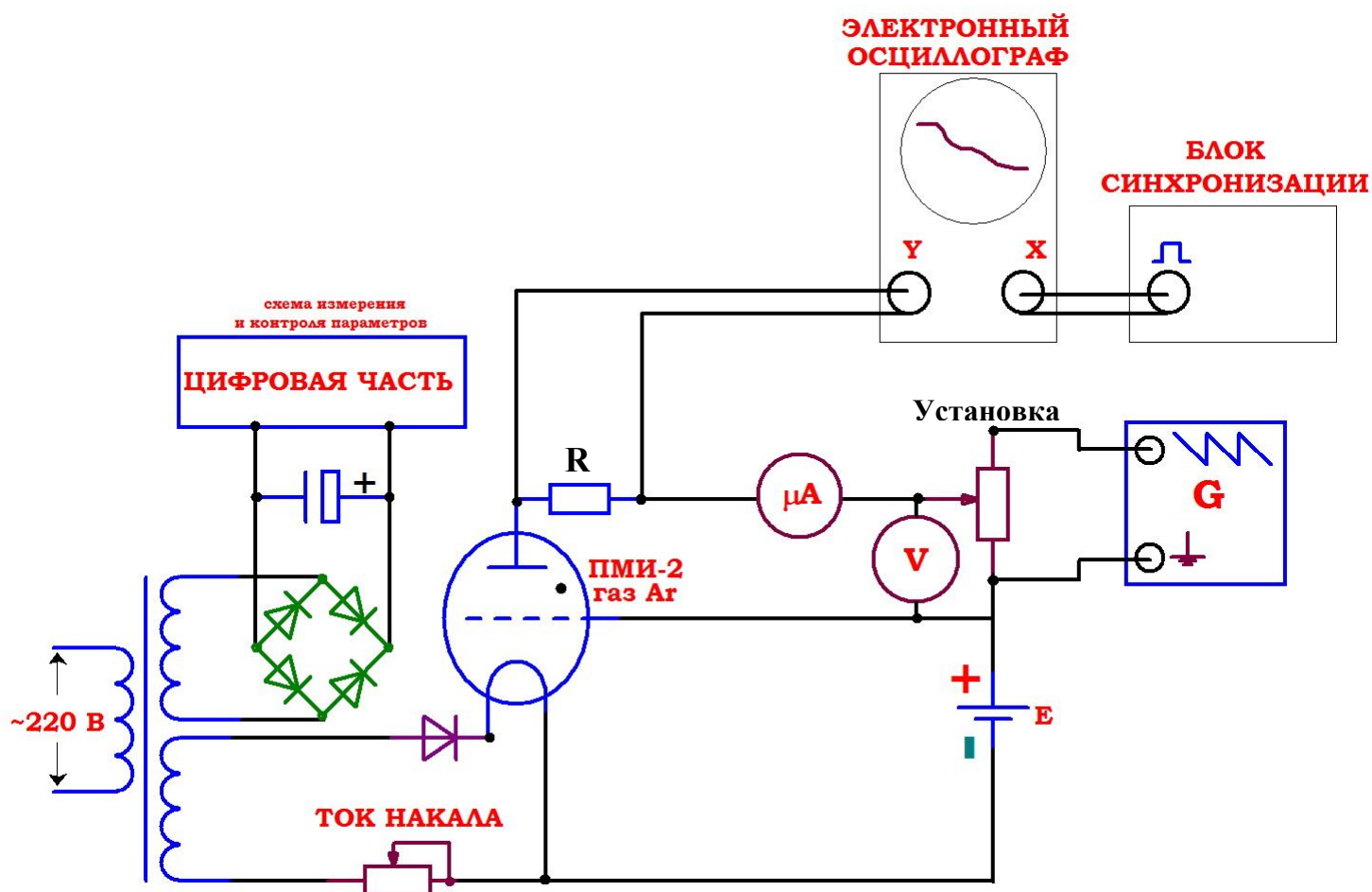


Рис. 14. Блок-схема экспериментальной установки ФКЛ-6 для проведения опыта по снятию ВАХ задержки триода и оценки сечения неупругого рассеяния.

Работа выполняется с использованием лабораторного комплекса ФКЛ-6. Основной частью комплекса является газонаполненный триод с инертным газом при низком давлении.

В лабораторной установке используется серийная трехэлектродная лампа ТГ1-0.1/0.3 (тиратрон, заполненный инертным газом аргоном) либо ПМИ-2 (лампа, используемая в ионизационном манометре). Устройство лампы приведено на рис. 12. Катод и накал лампы соединен и представляет собой единый электрод. Данная конструкция позволяет избежать погрешности, связанной с возможностью появления различных явлений между катодом и нитью накала.

Экспериментальная установка позволяет произвести снятие анодной характеристики триода в зависимости от ускоряющего напряжения  $U_{\text{сетка-катод}}$  (характеристика опыта Франка и Герца) и характеристики задержки  $i_a = f(V_3)$  анодного тока от задерживающего потенциала при заданном значении ускоряющего напряжения, установленной больше резонансного потенциала  $V_y > V_{PE3}$ ,  $V_y = 20$  В.

Характеристики снимаются при двух температурах нити накала лампы  $T \sim 600$  К и  $T \sim 1200$  К.

Блок-схема экспериментальной установки для получения ВАХ Франка и Герца изображена на рис.11. Модуль развёртки G состоит из нескольких блоков, основная задача которых в выработке пилообразного напряжения нужной частоты, формы и длительности. Форма импульсов представлена на рис. 15. Блок синхронизации вырабатывает синхроимпульсы для стабилизации изображения характеристики на экране осциллографа. Синхроимпульсы подаются на вход X осциллографа, при этом осциллограф должен быть переведен в режим синхронизации внешним сигналом.

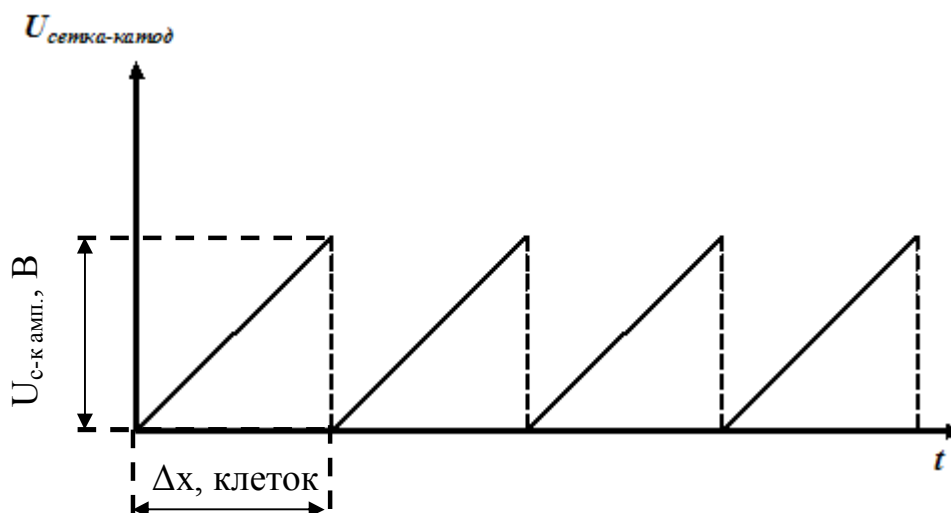


Рис. 15. Форма сигнала, подаваемого на промежуток сетка-катод триода.

Напряжение пилообразной формы подаётся на промежуток сетка-катод триода. Потенциал сетки линейно возрастает относительно неизменного потенциала катода. Таким образом, между сеткой и катодом лампы создаётся ускоряющее напряжение, линейно меняющееся во времени – создается развёртка во времени по оси X осциллографа, а, так как напряжение  $U_{\text{сетка-катод}}$  пропорционально времени  $t$  ( $U_{\text{с-к}} \sim kt$ ), то развёртка по времени есть развёртка по напряжению  $U_{\text{сетка-катод}}$ . С помощью источника запирающего напряжения  $E$  между сеткой и анодом лампы создан запирающий потенциал. Питание всех устройств осуществляется от стабилизированного источника питания.

С резистора  $R$  снимается сигнал, пропорциональный анодному току  $I_{\text{АНОД}}$  лампы. В результате получаем на экране осциллографа вольт-амперную характеристику лампы, т. е. зависимость тока анода  $I_{\text{АНОД}}$  от ускоряющего напряжения  $U_{\text{сетка-катод}}$ , имеющий вид, аналогичный рис.6, рис. 8.

Переменным резистором «УСТАНОВКА  $U_{\text{с-к}}$  / УСТАНОВКА  $U_{\text{зад}}$ » имеется возможность регулировать значение ускоряющего напряжения подаваемого на сетку-катод лампы в эксперименте Франка и Герца и задерживающего напряжение в эксперименте по оценки сечения неупругого рассеяния.

Цифровой измерительный прибор, собранный на базе ЖКД LCD дисплея и микроконтроллера служит для измерения **амплитудного значения** этих напряжений.

Таким образом, вольтметр фактически показывает напряжение в крайней правой точке вольтамперных характеристик рис. 16.

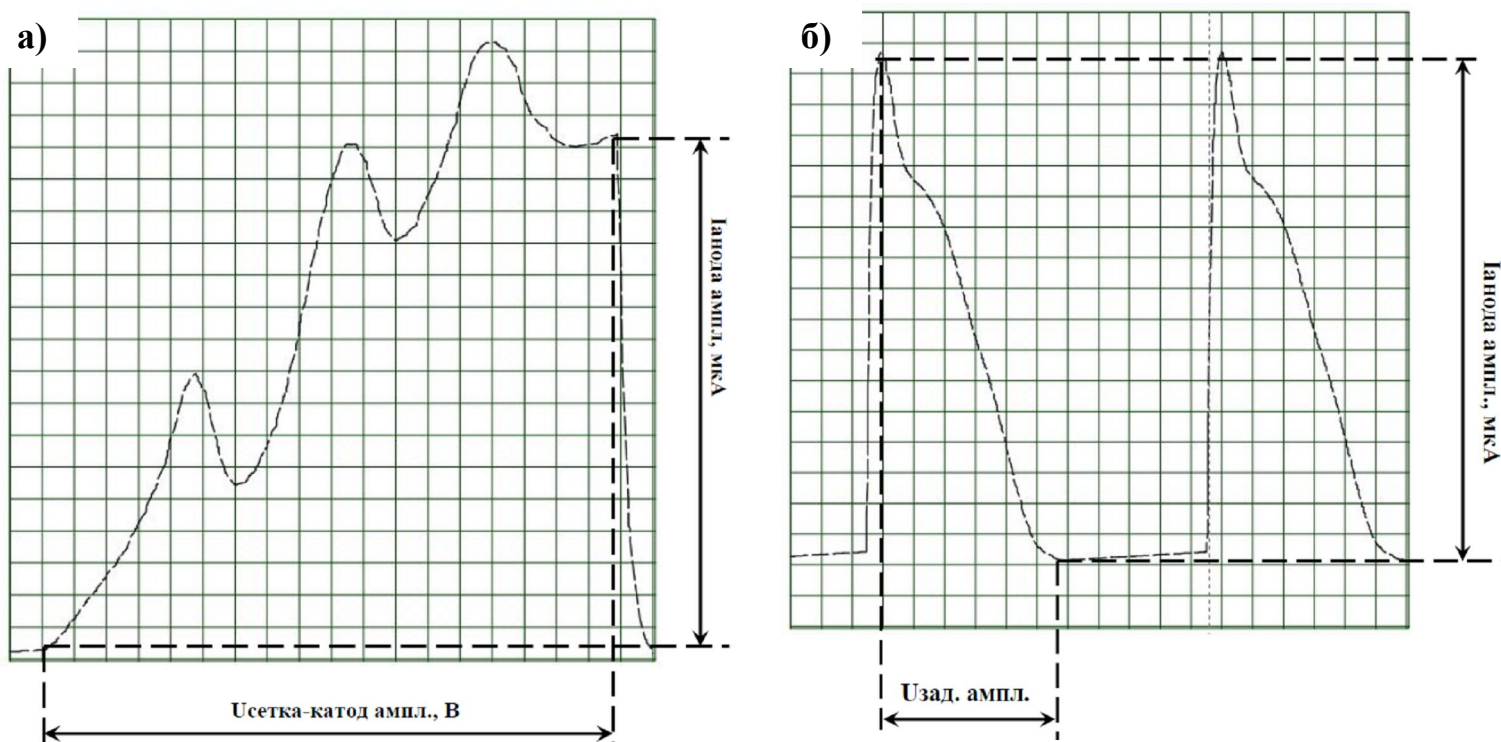


Рис. 16. Вольтамперные характеристики, получаемые на учебной установке ФКЛ-6. а) характеристика Франка и Герца б) характеристика задержки.

Как было сказано выше, измерение амплитудного значения напряжения и амплитудного значения тока при данном напряжении производится при помощи встроенного цифрового комбинированного «ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА» (вольтметр, микроамперметр). Таким образом, в данной модификации прибора микроамперметр, аналогично вольтметру, показывает значение тока в крайней правой точке ВАХ.

Через каждый период следования пилообразных импульсов, вольтамперная характеристика повторяется (рис. 16 б).

**Многофункциональная кнопка «УПРАВЛЕНИЕ»** служит для:

1. изменение температуры нити накала лампы: кратковременное  $\sim 0,5$  секунды одиночное нажатие;
2. входа в режим снятия ВАХ триода для данной температуры: удержание кнопки нажатой в течение  $\sim 2$  секунд;
3. в режиме снятия ВАХ переключение между снятием ВАХ опыта Франка и Герца и характеристикой задержки (переключение между схемами рис. 11 – рис. 14): кратковременное  $\sim 0,5$  секунды одиночное нажатие. Перед переключением схем необходимо выключать генератор нажатием кнопки «ГЕНЕРАТОР ВКЛ/ВЫКЛ»;
4. возвращение в меню изменения температуры накала из меню переключения опытов: удержание кнопки нажатой в течение  $\sim 2$  секунд.

При срабатывании кнопки на дисплей выводится сообщение «WAITING».

Кнопка «ГЕНЕРАТОР ВКЛ/ВЫКЛ» работает только в режиме снятия ВАХ триода, запускает пилообразный генератор развертки, подключает нить накала, сетку и анод лампы в схему. При запуске генератора на экране осциллографа должна отображаться характеристика Франка и Герца либо характеристика задержки в зависимости от выбранной в п. 3 схемы. Перед переключением схем необходимо выключать генератор нажатием кнопки «ГЕНЕРАТОР ВКЛ/ВЫКЛ».

Ручка УСТАНОВКА  $U_{с-к}$  / УСТАНОВКА  $U_{зад}$  служит для плавной регулировки ускоряющего напряжения сетка-катод в опыте Франка и Герца (0...40 В) и задерживающего потенциала анода в режиме снятия характеристики задержки (0...20 В).

Величина запирающего напряжения в опыте Франка и Герца подобрана наилучшим образом и устанавливается автоматически в пределе  $\sim 1 \dots 2$  Вольт.

Для проведения эксперимента по оценке сечения неупругого рассеяния схема рис. 11 должна быть видоизменена согласно рис. 14. При этом в промежутке сетка – катод лампы устанавливается постоянное ускоряющее напряжение 20 В от источника постоянного напряжения  $E$ , а пилообразный генератор развертки подключается в промежуток сетка – анод триода и вырабатывает отрицательные относительно сетки пилообразные импульсы в пределе от 0 ... -20 В. Таким образом, потенциал анода линейно уменьшается относительно потенциала сетки. С резистора  $R$  снимается сигнал, пропорциональный анодному току  $I_{анод}$  лампы. В результате получаем на экране осциллографа вольт-амперную характеристику задержки лампы, аналогичную рис. 7б, рис. 16б.

Осциллографический метод исследования нагляден, однако следует заметить, что получаемые результаты скорее являются оценочными, погрешность опыта может достигать 10-12 %.

**Режим работы установки прерывистый – через каждые 45-50 минут работы необходим перерыв 10 минут во избежание перегрева.**

## **5. Порядок работы и настройки лабораторного модуля.**

Лабораторная установка ФКЛ-6 «Опыт Франка и Герца» предназначена для эксплуатации с осциллографом любого типа. В данном руководстве приведен порядок работы при эксплуатации с универсальным осциллографом ОСУ-10В. Для осциллографов других типов действия аналогичны, согласно с их технической документацией.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность соединительных и сетевых проводов.
2. Подключить выход «ВЫХОД  $Y$  - СИГНАЛ» учебной установки ко

- входу Y осциллографа, выход «ВЫХОД X - СИНХРОНИЗАЦИЯ» ко входу X внешней синхронизации электронного осциллографа.
3. Включить осциллограф и лабораторную установку в сеть напряжением  $\sim 220$  В проводами евро – стандарта из комплекта.
  4. Поставить кнопку «СЕТЬ» на панели осциллографа во включенное положение. При этом должна загореться сигнальная лампа на панели осциллографа.
  5. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели модуля ФКЛ-6 в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный светодиод «СЕТЬ» на панели модуля. Дать прогреться всем приборам в течение не менее 3 минут.
  6. Провести необходимые эксперименты согласно методическому руководству.
  7. По окончании работы выключить все приборы от сети соответствующими переключателями и вынуть вилки из розеток.
  8. При выполнении лабораторной работы рекомендуется использовать соответствующее методическое руководство.

## **6. Меры предосторожности.**

Корпус лабораторного модуля ФКЛ-6 выполнен из неэлектропроводящего материала, поэтому эксплуатация модуля является полностью безопасной, при соблюдении обычных мер предосторожности в учебных лабораториях (проверка изоляции соединительных проводов, шнуров и т.п.). Снятие передней крышки могут производить лишь компетентные сотрудники, т. к. модуль питается переменным сетевым напряжением  $\sim 220$  В.

В процессе работы так же рекомендуется избегать одновременного контакта с землей и корпусом лабораторных приборов и одновременного контакта между корпусами лабораторных приборов. Не рекомендуется длительное время оставлять ускоряющее напряжение более 35 Вольт из-за ограниченного ресурса лампы.



## 7. Возможные неисправности и методы их устранения.

| Неисправность  | Причина                              | Способ устранения   |
|--|--------------------------------------|---|
| Не загорается сигнальный светодиод «сеть» на панели модуля, также на панели ЦИП отсутствуют показания. | Отсутствие питания модуля.           | Проверить целостность силового шнура, обмотки понижающего трансформатора.       |
| Вместо ВАХ прибора Франка и Герца видна прямая линия.  | Неправильная настройка осциллографа. | Проверить осциллограф, поставив все ручки в рекомендуемое положение.            |
| Характеристика нестабильна.  | Проблемы с синхронизацией.           | Отжать кнопку БЛК и вращением ручки УРОВЕНЬ добиться максимальной стабильности. |

### 7. Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» гарантирует бесперебойную работу установки не менее **12 месяцев** с момента передачи изделия заказчику. В случае обнаружения некачественности изделия, не связанного с почтовыми форс-мажорными обстоятельствами, грузополучатель обязан незамедлительно сообщить поставщику об этом, указав, в чем заключается неисправность.

Гарантия не распространяется на изделия, вышедшие из строя по вине грузополучателя, вследствие включения устройства в сеть с не соответствующим номинальным значениям параметров питающей сети, не обеспечивающим нормальный режим работы устройства.

Гарантийный ремонт не производится, претензии по качеству не принимаются в случаях: а) отсутствие гарантийного талона (паспорта изделия); б) при нарушении пломб, наличии следов вскрытия, попытки вскрытия (например, сорванные шлицы винтов, следы на корпусе, неправильная сборка), проведения предварительного ремонта самим пользователем, внесение изменений в конструкцию, использование принадлежностей, не предусмотренных изготовителем. в) следов термических, либо химических воздействий. г) небрежного технического обслуживания и эксплуатации, попадания посторонних предметов в узлы инструмента или их загрязнения, а так же в случаях эксплуатации изделия с нарушениями указаний технического паспорта, руководства по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации.

Гарантия не распространяется: а) на неисправности, возникшие в результате несообщения о первоначальной неисправности; б) на неисправности, возникшие в результате нарушений инструкций и рекомендаций, содержащихся в руководстве по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации; в) на изделие, которое подвергалось ремонту и конструктивным изменениям не уполномоченными на то лицами; г) на неисправности, вызванными транспортными повреждениями, небрежным

обращением, или плохим уходом, не правильным использованием; д) на детали, являющиеся изнашиваемыми и расходными материалами (в том числе на спектральные лампы, срок службы которых напрямую зависит от частоты включений в времени использования, тем не менее, для проверки целостности и работоспособности ламп дается срок 14 дней); е) на внешние механические повреждения, вызванные эксплуатацией; ж) на такие виды работ, как регулировка, чистка и прочий уход за изделием, оговоренный в руководстве по эксплуатации; з) при использовании изделия не по назначению.

По истечении гарантийного срока, ремонт изделия осуществляется за отдельную плату.

Настоящий паспорт служит основанием для ремонта изделия при обнаружении неисправностей в течение всего гарантийного срока. Претензии по качеству и комплектности продукции принимаются по адресу: Россия, 300016, г. Тула, ул. Театральный пер., 2-12, НПО ТулаНаучПрибор, Панкову С. Е. Тел. 8-910-585-55-02; e-mail: [physexperiment@narod.ru](mailto:physexperiment@narod.ru), web-страница: <http://www.physexperiment.narod.ru>

**Производственное Объединение учебной техники «ТулаНаучПрибор»**

Заказчик:

\_\_\_\_\_

« » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Исполнитель:

**Панков С. Е.**



« » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Разработано и изготовлено: НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор»,  
Россия, г. Тула