

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им.
В.Ф.Уткина»

КРЮКОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Учебное электронное издание комплексного распространения

Рязань РГРТУ 2023

© Все права защищены

УДК 621.311.6: 621.396.6

ББК 31.264.5

Энергосберегающие технологии

Для студентов специальностей 11.03.01 Радиотехника, 11.05.01
Радиоэлектронные системы и комплексы

В ходе работы формируются **компетенции ПК-2:**

Способен реализовать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов.

Способен организовывать и проводить экспериментальные исследования с целью оценки качества предоставляемых услуг, соответствия требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов и иных нормативных документов.

Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

Литература, использованная автором:

1. Энергосберегающие технологии в беспроводной радиоэлектронной аппаратуре: методические указания к лабораторным работам /Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: Н.Г.Кипарисов, Е.В.Васильев, В.Н.Сухоруков. - Рязань, 215 г., 64 с. № 4943.
2. Крюков А.Н. Лабораторный эквивалент Солнца. Современные технологии в науке и образовании — СТНО-2021 [текст]: сб. тр. IV междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.6./ под общ. ред. О.В.Миловзорова. - Рязань: Рязан. гос. радиотехн. н-т, 2021; Рязань. - 216 с., ил. с. 203-206.
2. Крюков А.Н. Построение графиков в одних осях Calc. [Электронный ресурс] <https://elib.rsreu.ru/ebs/download/3204?> № 7203

Минимальные системные требования: Процессор 1,3 GGz, 512 Мб RAM, SVGA (800x600), HDD 3 Gb, просмотрщик документов в формате *.pdf

Зарегистрировано редакционно-издательским центром РГРТУ
391005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1 07.03.2023 № 7499 Объем 5,5 Мб. Тел.
(4912) 72-03-48, Email: kryukov.a.n@rsreu.ru, <https://www.rsreu.ru>

Цели:

- реализовать программу экспериментальных исследований;
- экспериментально исследовать выходные характеристики фотопреобразователя;
- оценить качества фотопреобразователя.

Введение

В лабораторной работе экспериментально исследуются вольтамперные характеристики (ВАХ) фотоэлектрических полупроводниковых преобразователей (ФЭПП) двух типов: DVY китайской фирмы SLAR из поликристаллического кремния на стеклянной подложке, соединённые последовательно в батарею, и отечественных из монокристаллического кремния на пластмассовой подложке типа ФСМ1-3.

Солнечное излучение имитируется настольной лампой с регулированием освещения диммером [2].

По результатам измерений заполняются таблицы, строятся графики [3], определяются выходные сопротивления, напряжения холостого хода, токи короткого замыкания, максимальная генерируемая мощность. Оцениваются качества ФЭПП.

1. Схема лабораторной установки

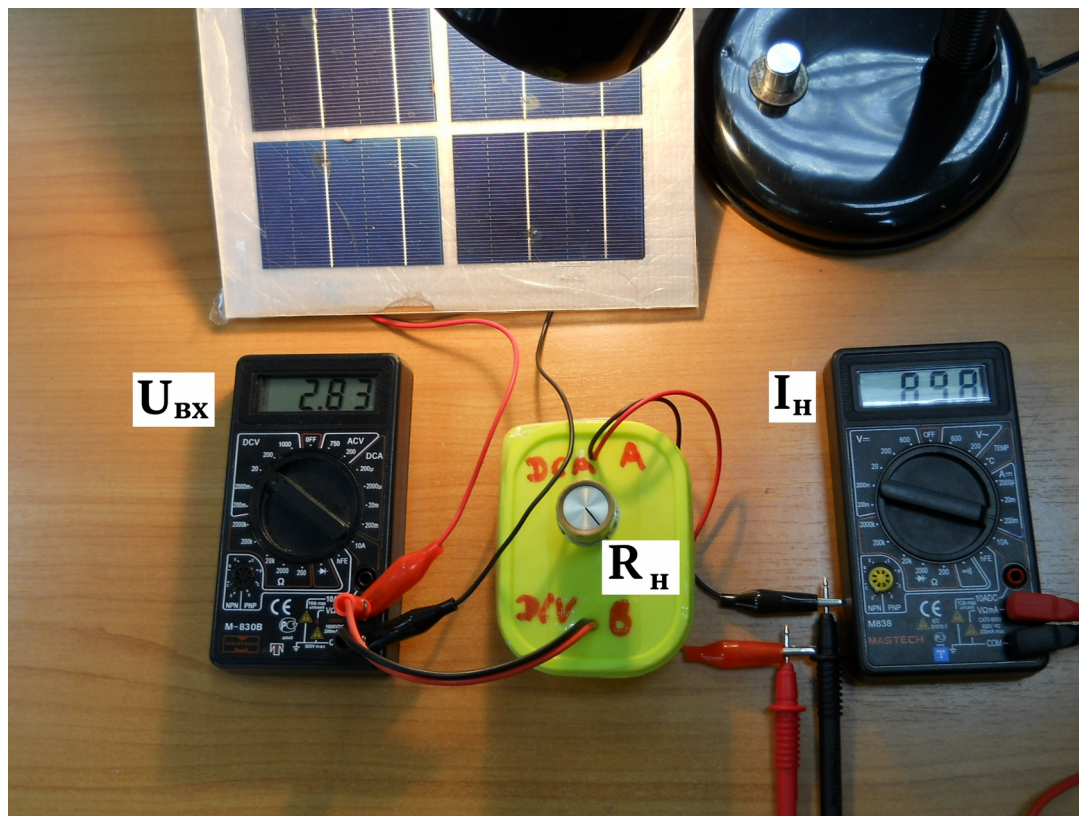


Рисунок 1. Лабораторная установка для измерения ВАХ ФЭПП DVY

2. Выбор технических средств

На рис. 1 левый авометр лабораторной установки используется в режиме вольтметра постоянного напряжения с пределом 20 В и измеряет выходное напряжение ФЭПП - входное напряжение $U_{вх}$, правый - в режиме миллиамперметра постоянного тока с пределом 200 мА измеряет ток нагрузки I_n . Сопротивление нагрузки R_n можно изменять ручкой лабораторного макета.

1. Установите переключатели пределов измерения авометров в соответствии с рис. 1.
2. Подключите «бананы» лабораторного макета к нижним гнездам левого авометра.
3. Подключите «крокодилы» ФЭПП к «бананам» макета параллельно.
4. Подключите щупы миллиамперметра параллельно «крокодилам» лабораторного макета.
5. Ручку переменного резистора R_n на лабораторном макете поверните по часовой стрелке до упора.

Приборы должны показывать какие-нибудь значения, так как ФЭПП генерирует напряжение при наличии рассеянного света.

6. Предъявите собранную лабораторную установку преподавателю.

3. Программа экспериментальных исследований

3.1. Исследование ВАХ ФЭПП DVY

7. Подключите настольную лампу к электрической сети. Поверните ручку диммера лампы по часовой стрелке до упора. Осветите лампой ФЭПП и убедитесь, что показания приборов меняются при изменении освещения.

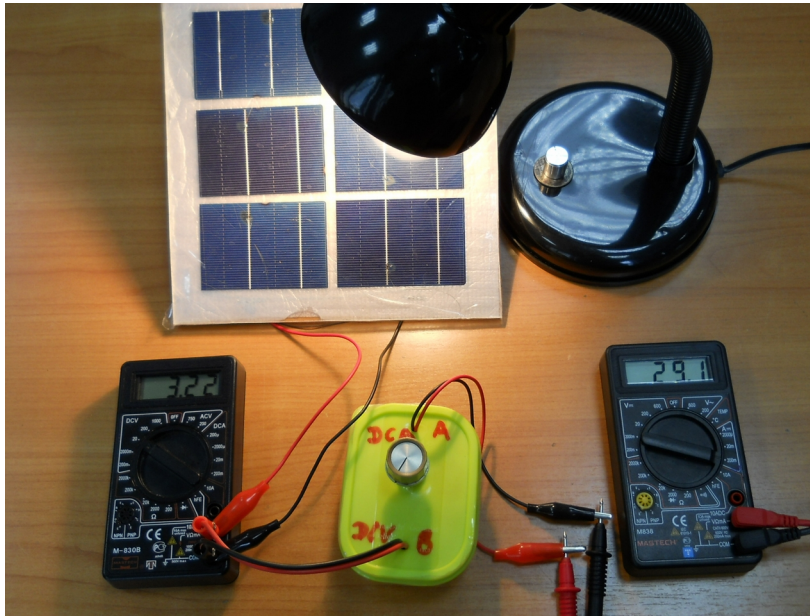


Рисунок 2. Изменение показаний при изменении освещённости ФЭПП

8. Откройте LibreOffice Writer, щёлкнув по его ярлыку запуска. Сохраните пустой файл с названием «ЛР1фамилия группа.docx» английскими малыми буквами, например lr1iwanow782.docx в папке «Документы» - «ЭСТ».
9. Вставьте в файл Таблицу 1 из 3 строк и 6 — 7 столбцов, для чего откройте окна Таблица — Вставить таблицу.

Таблица 1. Максимальная освещённость ФЭПП DVY

I_H , мА	29,1	36,3	48,0	73,0	89,9
$U_{вх}$, В	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8
P_H , мВт	93,7	113,6	144,5	214,6	254,4

10. Запишите в таблицу 1 значения напряжения на входе и тока нагрузки при максимальной освещённости.
11. Вращая против часовой стрелке ручку R_H переменного резистора лабораторного макета, измерьте и запишите в Таблицу 1 5-6 пар значений тока нагрузки и напряжения ФЭПП. Верните ручку R_H назад по часовой стрелке до упора.

Зелёные цифры в Таблице 1 приведены в качестве примера.

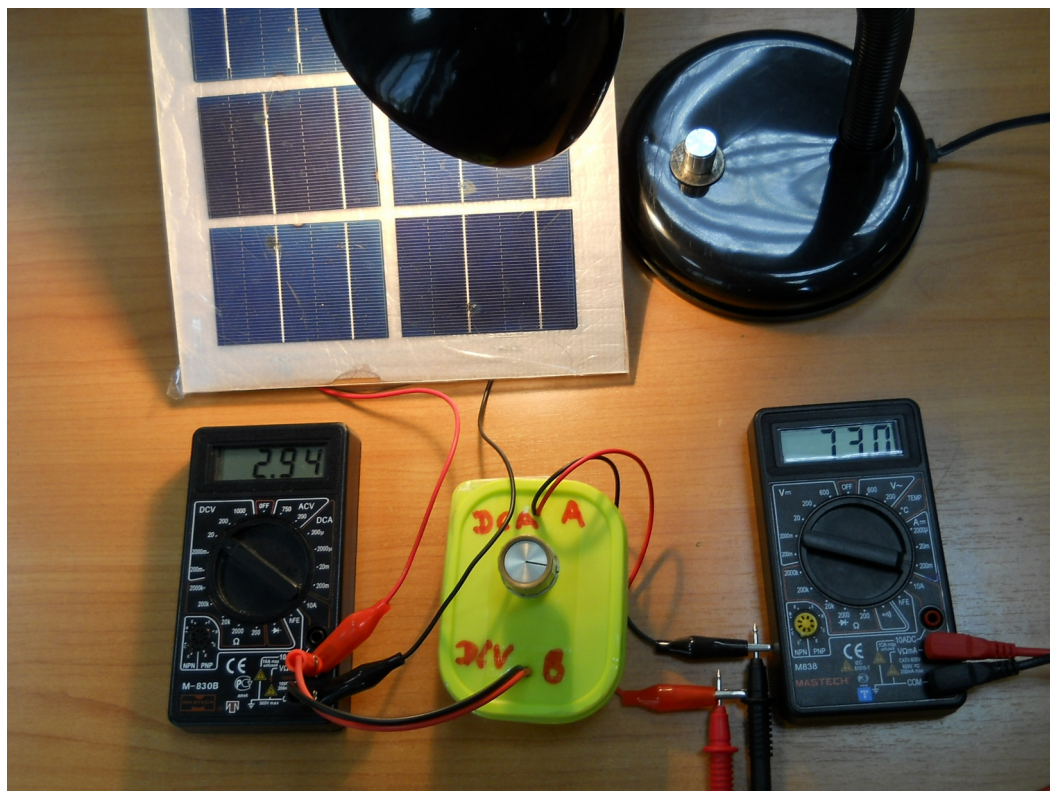


Рисунок 3. При повороте R_n против часовой стрелке изменяются U_{BX} и I_n

12. Уменьшите на $1/3$ яркость освещения фотопреобразователя - поверните на $1/3$ оборота против часовой стрелки ручку диммера настольной лампы.

Вставьте в файл Таблицу 2, аналогичную Таблице 1. Запишите в таблицу 2 значения напряжения на входе и тока нагрузки при уменьшенной на $1/3$ освещённости.

Таблица 2. Уменьшенная освещённость ФЭПП DVY

I_H , мА	27,3	36,6	54,2	83,3
$U_{вх}$, В	3,0	2,9	2,8	2,5
P_H , мВт	81,9	107,6	153,4	209,0

13. Вращая против часовой стрелки ручку R_H переменного резистора лабораторного макета, измерьте и запишите в Таблицу 2 5-6 пар значений тока нагрузки и напряжения ФЭПП. Верните ручку R_H назад по часовой стрелке до упора.

Зелёные цифры в Таблице 2 приведены в качестве примера.

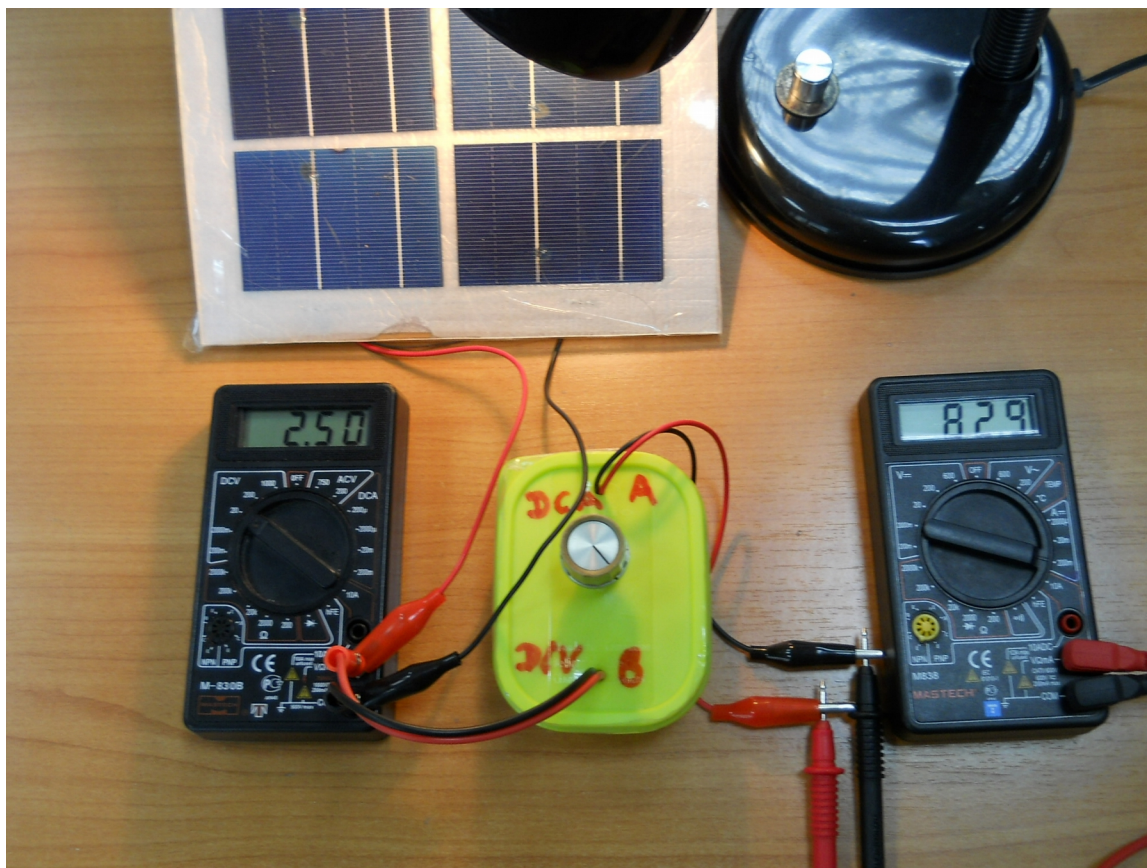


Рисунок 4. С уменьшением освещённости ФЭПП $U_{\text{вх}}$ и $I_{\text{н}}$ уменьшаются

14. Уменьшите на $\frac{2}{3}$ яркость освещения фотопреобразователя - поверните на $\frac{2}{3}$ оборота против часовой стрелки ручку диммера настольной лампы.

Вставьте в файл Таблицу 3. Запишите в Таблицу 3 значения напряжения на входе и тока нагрузки при уменьшенной на $\frac{2}{3}$ освещённости.

Таблица 3. Малая освещённость ФЭПП DVY

I_H , мА	24,8	32,2	41,4	43,4
$U_{вх}$, В	2,7	2,6	2,2	0,8
P_H , мВт	67,7	84,6	90,66	33,9

15. Вращая против часовой стрелке ручку R_H переменного резистора лабораторного макета, измерьте и запишите в Таблицу 2 5-6 пар значений тока нагрузки и напряжения ФЭПП. Верните ручку R_H назад по часовой стрелке до упора.

Зелёные цифры в Таблице 3 приведены в качестве примера.

16. Отключите лампу освещения. Отключите ФЭПП DVY от лабораторной установки и подключите вместо него ФЭПП ФСМ1-3

3.2. Исследование ВАХ ФЭПП ФСМ1-3

17. Повторите пункты 1 — 13, запишите в Таблицы 4 -6 (аналогичные Таблицам 1 — 3) напряжения $U_{\text{вх}}$ и токи нагрузки $I_{\text{н}}$



Рисунок 5. Лабораторная установка для измерения ВАХ ФЭПП ФСМ1-3

4. Обработка результатов исследования

18. **Рассчитайте** значения мощности P_n , выделяемой в нагрузке ФЭПП, для каждой пары значений $U_{вх}$ и I_n и **впишите в таблицы 1 — 3**.

19. **Введите в таблицу Calc** данные вольтамперных характеристик фотопреобразователя, как на рис. 6.

Сохраните таблицу в файл с именем «ЛР1фамилиягруппаВАХ.xlsx» в той же папке «Документы» - «ЭСТ»

Введите в таблицу Calc данные зависимости мощности P_n фотопреобразователя от тока нагрузки I_n , как на рис. 8.

Сохраните таблицу в файл с именем «ЛР1фамилиягруппаМощн.xlsx» в той же папке «Документы» - «ЭСТ»

20. **Постройте в файле «ЛР1фамилиягруппа.docx»** графики зависимости напряжения U_n и мощности P_n от тока нагрузки I_n на выходе фотопреобразователя от при трёх значениях освещённости. Рекомендуется использовать файлы «ЛР1фамилиягруппаВАХ.xlsx», «ЛР1фамилиягруппаМощн.xlsx» и пошаговую инструкцию построения графиков, элементы которых представлены в строках LibreOffice Calc [2], которая скачивается, например, из вводного модуля курса ЭСТ.

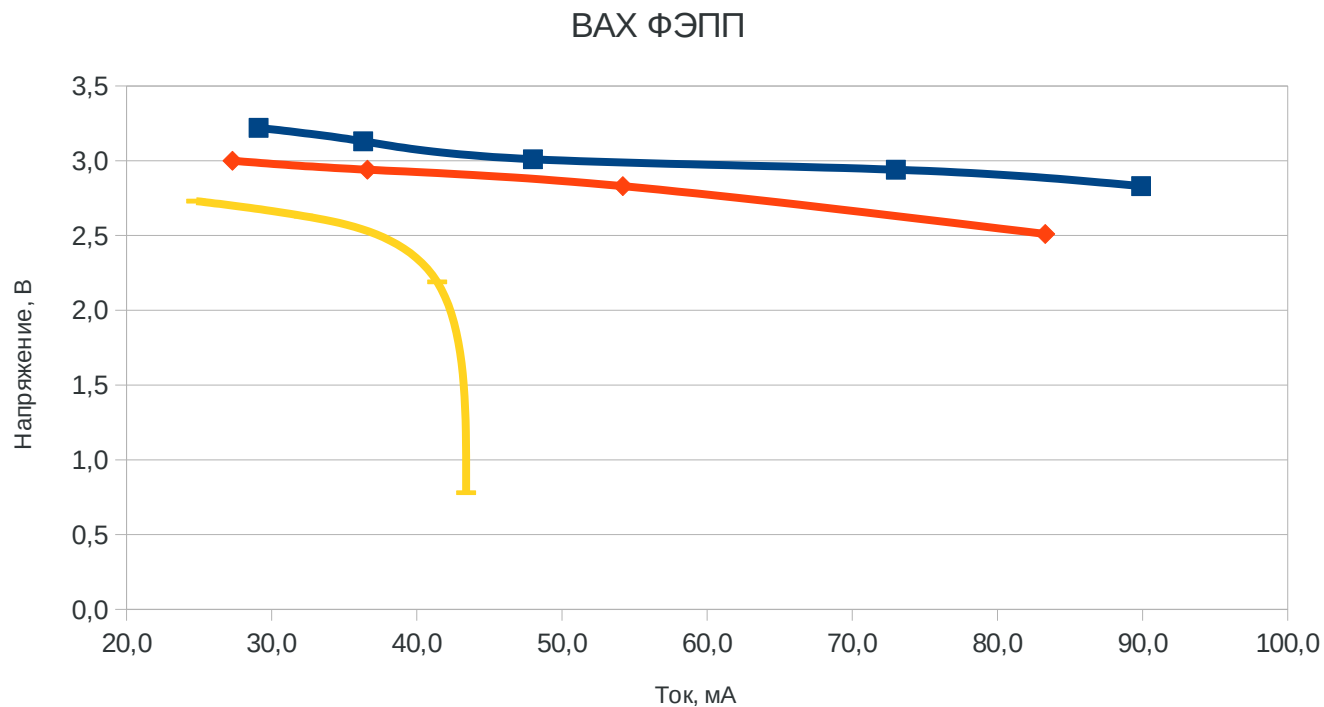


Рисунок 7. ВАХ ФЭПП. Здесь жёлтой линией показан график для минимальной освещённости, красной — для сниженной, синей — для максимальной освещённости.

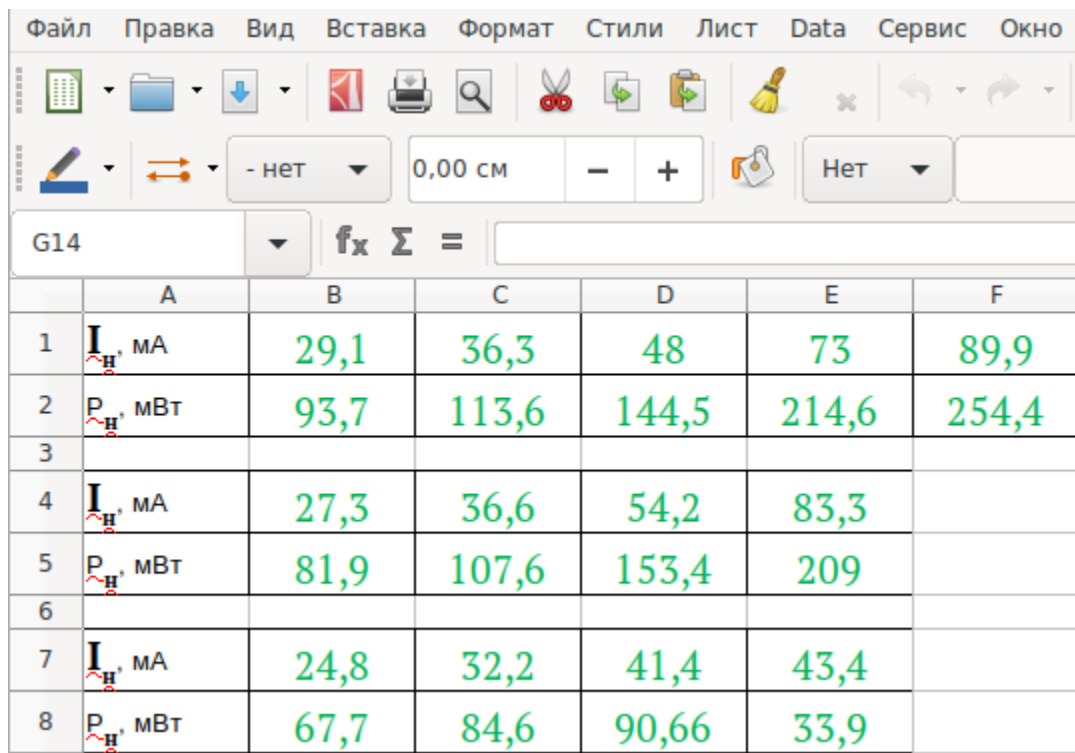


Рисунок 8. Зависимости мощности ФЭПП от тока нагрузки
Зелёные цифры в таблице приведены в качестве примера

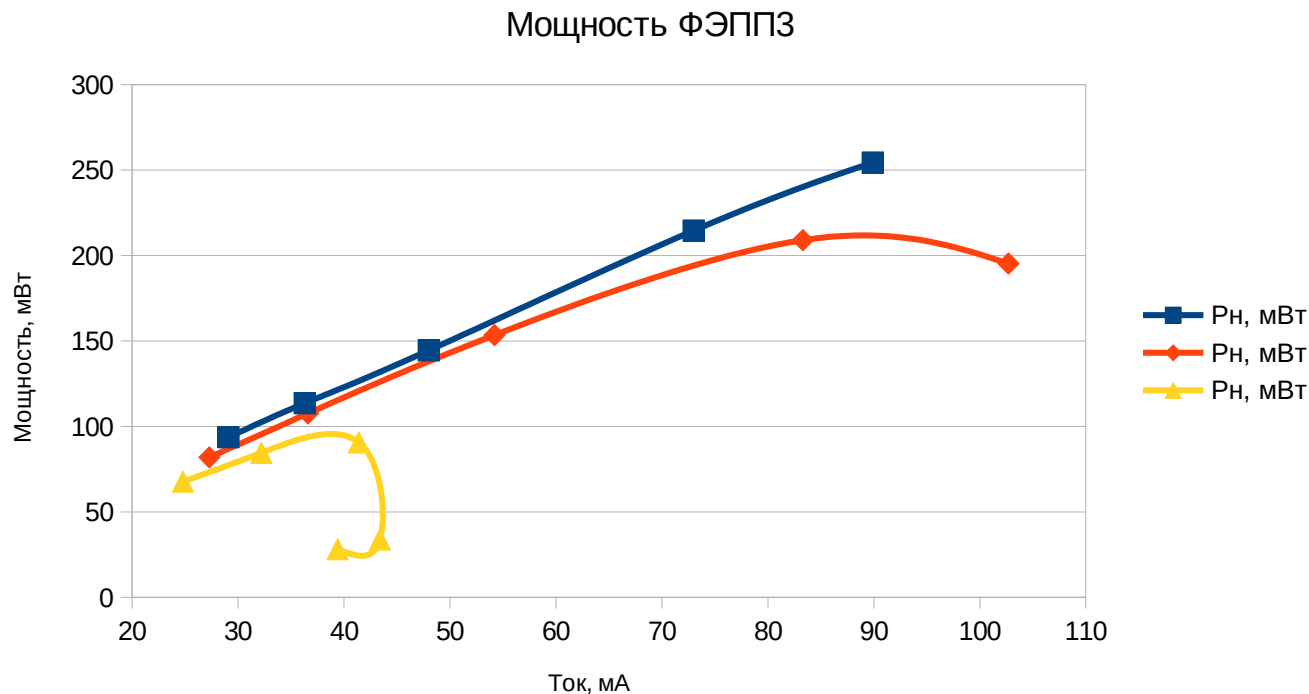


Рисунок 9. Зависимости мощности ФЭПП от тока нагрузки (жёлтый график — минимальная освещённость, красный — средняя освещённость, синий — максимальная освещённость).

21. **Определите значения** выходных сопротивлений и токов короткого замыкания фотопреобразователей.

22. **Определите значения** максимальных генерируемых мощностей.

23. **Оформите работу:** титульный лист, вариант, цель, схема лабораторной установки, таблицы, графики. **Сделайте выводы.**

Выводы:

1. Выходное сопротивление ФЭПП DVY равно $R_{\text{вых}} =$ Ом, ФСМ1-3 равно $R_{\text{вых}} =$ Ом

2. Ток короткого замыкания ФЭПП DVY равен $I_{\text{кз}} =$ мА, ФСМ1-3 равен $I_{\text{кз}} =$ мА

3. Максимальная мощность, генерируемая ФЭПП DVY равна $P_{\text{max}} =$ мВт, ФСМ1-3 равна $P_{\text{max}} =$ мВт

4. С увеличением тока нагрузки на выходе ФЭПП напряжение падает. Это происходит потому, что...

5. С увеличением тока нагрузки мощность ФЭПП при слабой освещённости сначала растёт, а потом падает. При большой освещённости она только растёт. Это происходит потому, что...

6. По результатам исследования ФЭПП DVY целесообразно использовать в...

ФЭПП ФСМ1-3 целесообразно ...

24. Скопируйте файлы «ЛР1фамилия группа.docx» «ЛР1фамилиягруппаВАХ.xlsx», «ЛР1фамилиягруппаМощн.xlsx» в элемент «Задание» дистанционного курса ЭСТ «ЛР1 Исследование модели фотопреобразователя». При необходимости файлы можно заzipовать.

25. Защитите работу.

Контрольные вопросы

1. Достоинства и недостатки различных фотопреобразователей.
2. Определите КПД исследованного фотопреобразователя.
3. Поясните вид зависимости мощности в нагрузке от освещённости исследованного фотопреобразователя.
4. Поясните вид зависимости мощности в нагрузке от тока исследованного фотопреобразователя.
5. Поясните, где целесообразно использовать каждый из исследованных ФЭПП.