

# НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-109-119

УДК 621.397:681.3.01(082)

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

*В. П. Быкова*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

Рассматриваются сложности дистанционного обучения электротехническим дисциплинам, в частности при проведении лабораторных работ по курсу физики, электротехники и электроники. Проанализированы преимущества и перспективы, возможные вследствие применения технических средств в образовании. Перечислены достижения качественного дистанционного обучения на базе компьютерной лаборатории учебно-методического электротехнического комплекса. Функционирование компьютерной лаборатории предполагает наличие связи между сервером и компьютерами обучающихся и преподавателя. Предложен один из способов реализации дистанционного обучения с использованием компьютерных технологий при выполнении лабораторных работ по электротехническим дисциплинам. Рассмотрен алгоритм решения графических и вычислительных задач исследовательского характера на основе экспериментальных данных, полученных при работе с испытательным стендом «Электротехника и электроника». Проиллюстрированы схемы для экспериментального исследования выпрямительного диода на постоянном токе и параметрического стабилизатора напряжения, электрической цепи на лабораторном стенде; приведены графики вольтамперной характеристики идеального полупроводникового и реального диодов, диода Шоттки, кремниевого диода при различной температуре, полупроводникового стабилитрона. Представлена диаграмма зависимости ширины запрещенной зоны полупроводника от температуры. Сделан вывод о необходимости информационной подготовки студентов для освоения ими программы специалитета (направление подготовки «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики») или бакалавриата (профиль подготовки «Кораблестроение» и «Судовые и энергетические установки»), т. к. одним из направлений их профессиональной деятельности является проектирование и модернизация судов и средств морской техники и автоматики, а также выполнение необходимых расчетов эксплуатационных характеристик энергетических установок, что невозможно без применения компьютерных программ и технологий. Предлагаемая методика проведения лабораторных работ подготовит обучаемых к решению их профессиональных задач.

**Ключевые слова:** электротехнический комплекс, электротехника, электроника, компьютерные технологии, дистанционное обучение.

**Для цитирования:** *Быкова В. П.* Электротехнический комплекс для дистанционного обучения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2021. № 2. С. 109–119. DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-109-119.

### **Введение**

Организация и проведение лабораторных работ по физике и электротехническим дисциплинам для учащихся при дистанционном обучении весьма затруднены по ряду причин. Одна из них – это слабые технические ресурсы вуза. Мы предлагаем реализацию дистанционного обучения с использованием скромных технических возможностей вуза, опираясь на компьютерные технологии, которые обеспечивают широкие возможности для постановки лабораторных работ и их проведения.

Современные технологии способствуют наглядности обучения, развитию активности и самостоятельности обучающихся в приобретении знаний. Руководящая и направляющая роль преподавателя при компьютерной технологии, с одной стороны, минимальна, с другой – требует тщательной и глубоко продуманной подготовки.

Мы исходим из того, что компьютеризированные лабораторные работы, как и другие компьютерные средства обучения для дистанционного обучения, должны отвечать определенным требованиям:

- теоретический материал в методических указаниях для выполнения работ должен быть строго структурирован и изложен в доступной форме, что позволит использовать его обучающимся с разным уровнем знаний [1, 2];
- методически правильным будет использование видеороликов, слайдов, анимации;
- обучаемому и преподавателю для контроля знаний должны быть доступны компьютерные средства, как минимум сеть Интернет и CD-диск.

#### **Актуальность и материалы исследования**

Дистанционные технологии разумно использовать в тех случаях, когда у обучаемого нет возможности посещения лабораторных занятий (например, студент вдали от вуза, студент с ограниченными физическими возможностями), требуется подготовка специальной лабораторной базы для дистанционного использования с применением компьютерных средств обучения.

Использование технических средства в обучении значительно повышает интерес обучаемого к дисциплине и будущей профессии, открывая широкие возможности для инновационных решений. Например, компьютерные программы применяются при оценке технической эксплуатации судов, использование судовых компьютеров с установленными модулями дает возможность автоматизировать работы с различными грузами. В процессе обучения важно продемонстрировать студенту, как компьютерные средства обеспечивают дополнительные ресурсы:

- для организации собственного рабочего места, выбора удобного времени и темпа выполнения работы, что способствует процессу самореализации и повышает уровень самоподготовки учащегося [3];
- индивидуализации обучения (особенно для иностранных студентов) [4];
- изложения учебного или информационного материала в мультимедийной форме;
- осуществления быстрой обратной связи с преподавателем, т. е. объективной оценки знаний, умений и навыков студента [5–7];
- удобного доступа к любой учебно-методической литературе и дополнительной информации по тематике работы.

Мы полагаем, что все эти преимущества можно реализовать, используя лабораторную базу для дистанционного обучения. Лаборатории такого типа давно уже есть во многих вузах страны [8, 9]. Вопрос в том, как организовать ее, используя скромные возможности вуза, не в ущерб самостоятельной работы обучающихся на реальном оборудовании. Не секрет, что организация лабораторий при дистанционном обучении возможна либо на основе компьютерных лабораторий, либо с использованием ограниченных компьютерных технологий.

Компьютерные установки, заменяющие реальные приборы лабораторного электротехнического комплекса, позволяют проводить компьютеризированные лабораторные работы. Обучаемый приобретает иные навыки и умения работы с приборами, в отличие от исследований в реальных условиях. Создание любой компьютерной лаборатории возможно через сервер учебного заведения. Работа такой лаборатории подразумевает связь между сервером и компьютерами обучающихся и преподавателя, которые находятся не просто далеко друг от друга, но даже в другом регионе или стране. Преподаватель определяет тему лабораторной работы, студент выполняет ее и отправляет отчет на рабочий стол компьютера преподавателя.

Мы предлагаем организацию лабораторной работы при дистанционном обучении вторым способом на основе компьютеризированного учебно-методического электротехнического комплекса, включающего 5 стендов. Нами разработан ряд лабораторных работ с применением компьютерной программы по курсу дисциплин «Электротехника» и «Электроника», позволяющий выполнить эти работы с элементами самостоятельного исследования. Один из стендов лабораторного комплекса – «Электротехника и электроника» – содержит модули, использование которых в работах способствует исследованию и изучению цепей постоянного и переменного тока, базовых элементов электроники (диоды, транзисторы), электронных устройств (выпрямительные устройства, стабилизаторы). Он подключен к программно-техническому комплексу, способному автоматизировать процесс проведения экспериментов. Меню программы, через которое осуществляется выполнение лабораторных работ, содержит команды управления и настрой-

ки программы, разделенные на группы, каждая из которых выполняет определенные функции. Так, рабочая команда «Управление – пуск» запускает программу в работу. Если предусмотрен режим «Осциллограммы», то на экране компьютера (в режиме реального времени) демонстрируются графики зависимостей измеряемых величин, отображающие одновременно четыре входных сигнала. Режим «Мнемосхемы» предназначен для отображения схемы исследуемой цепи и показаний виртуальных измерительных приборов. Команда «Управление – стоп» останавливает работу программы [10].

Рассматриваемая нами лабораторная работа «Полупроводниковые диоды» включает:

- методические указания к выполнению лабораторной работы с обязательными требованиями по технике безопасности; описание лабораторного модуля, содержащего необходимые данные по теории полупроводниковых диодов; ход выполнения работы предусматривает ознакомление с лабораторной установкой, с работой программы компьютера Delta Profi, порядок действий при выполнении экспериментальных исследований выпрямительного диода, диода Шоттки, стабилитрона, светодиода;

- презентацию, которая демонстрирует работу лабораторного модуля, содержащего реальные объекты исследования, на испытательном стенде;

- вывод по лабораторной работе (в окончательном виде должен содержать расчетные и графические данные, заполненные таблицы измерений; ответы на контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы обучаемого).

Перед лабораторной работой студенту предлагается презентация, которая знакомит его с характеристиками, принципом работы реального диода, исследовать который ему предстоит, а также с внешним видом и устройством испытательного стенда «Электротехника и электроника» учебно-методического электротехнического комплекса, предназначенного для выполнения лабораторной работы по изучению характеристик выпрямительного кремниевого диода типа 1N4007, полупроводникового стабилитрона типа КС168А, светоизлучающего диода типа L-5013 и диода Шоттки типа 1N5819. Основные параметры исследуемых полупроводниковых приборов приведены в соответствующих таблицах методических указаний к выполнению лабораторного практикума: 1N4007 ( $I_{пр} = 1 \text{ A}$ ;  $U_{пр.маx} = 0,8 \text{ В}$ ;  $U_{обр} = 1 \text{ 000 В}$ ); КС168А ( $I_{ст.мин} = 3 \text{ мА}$ ;  $I_{ст.маx} = 45 \text{ мА}$ ;  $U_{ст.маx} = 7,48 \text{ В}$ ;  $P_{маx} = 300 \text{ мВт}$ ); 1N5819 ( $I_{пр} = 1 \text{ A}$ ;  $U_{пр.маx} = 0,6 \text{ В}$ ;  $U_{обр.маx} = 40 \text{ В}$ ) [10].

Выполнение работы сопровождается презентацией с подробными пошаговыми комментариями преподавателя: каким образом, используя лабораторный модуль, собрать схему для экспериментального исследования выпрямительного диода на постоянном токе (рис. 1) или параметрического стабилизатора напряжения (рис. 2), получив реальную цепь для исследования (рис. 3).

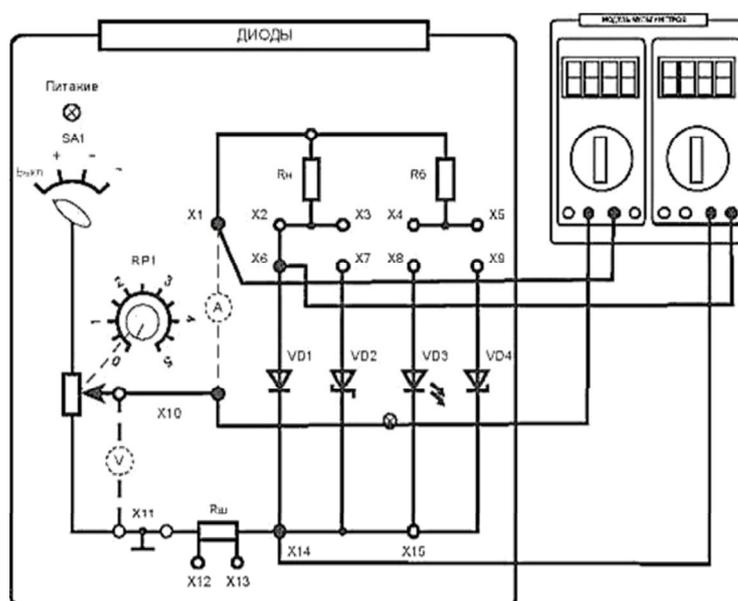


Рис. 1. Схема для экспериментального исследования выпрямительного диода на постоянном токе

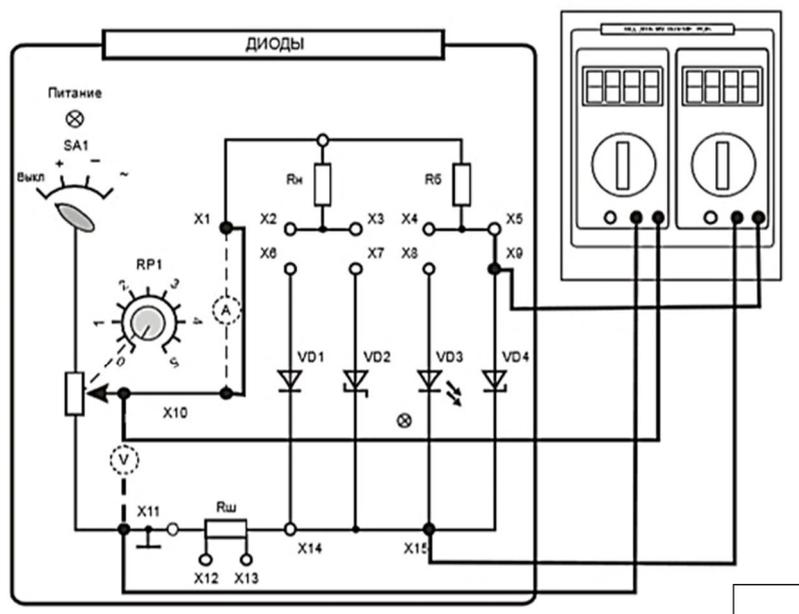


Рис. 2. Схема для экспериментального исследования параметрического стабилизатора напряжения

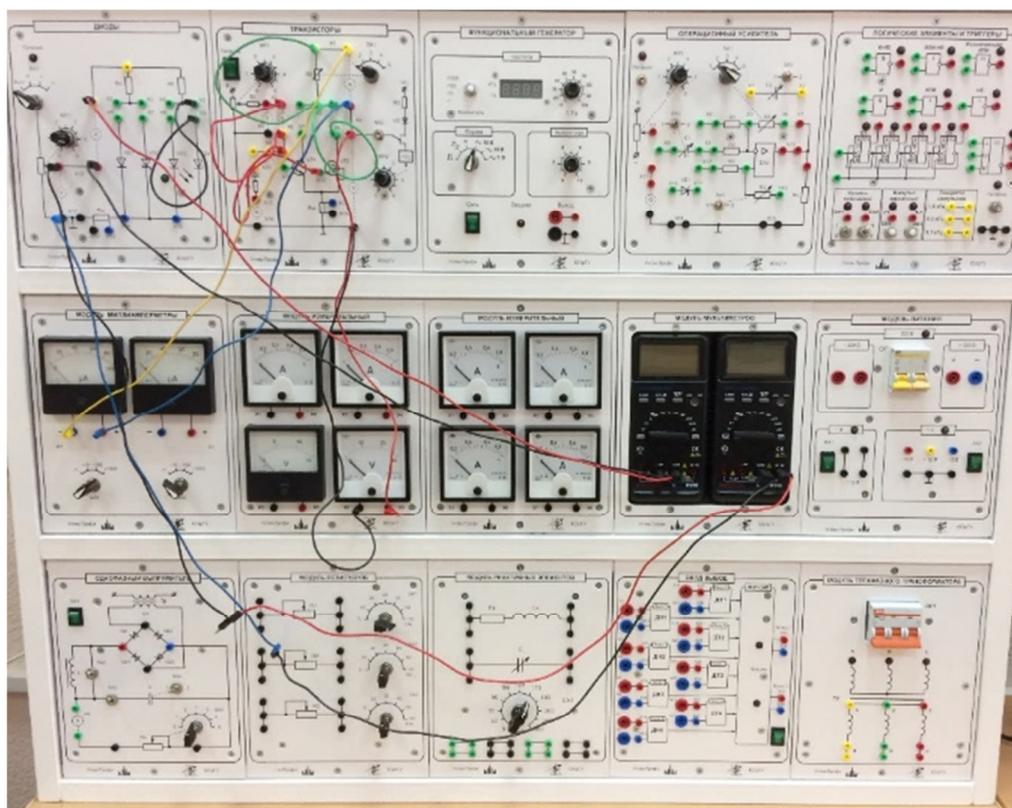


Рис. 3. Электрическая цепь на лабораторном стенде для исследования работы диодов

После выполнения экспериментальной части лабораторной работы на основании полученных реальных данных, которые берутся с рабочего стола компьютера или по показаниям приборов, студенту предлагается выполнить ряд заданий исследовательского характера, что способствует развитию его интеллектуальных способностей, приобретению умений применять их впоследствии в профессиональной деятельности, развитию навыков самоподготовки.

**Задание № 1.** Сравнить вольт-амперные характеристики (ВАХ) реальных полупроводниковых диодов (рис. 4) и диода Шоттки (рис. 5) на постоянном токе.

**Ответ.** Вольт-амперную характеристику диода можно построить согласно уравнению

$$I = I_0(U_{pn}) \left( \exp \left[ \frac{U_{pn}}{\alpha \varphi_T} \right] - 1 \right),$$

где  $U_{pn}$  – прямое напряжение;  $\alpha$  – коэффициент пропорционально-

сти;  $\varphi$  – тепловой коэффициент, равный  $\varphi_T = \frac{kT}{e}$ ,  $k$  – постоянная Больцмана;  $e$  – элементарный заряд. График, построенный студентом при  $T = 300$  К и  $\varphi_T = 26$  мВ, представлен в виде штриховой линии на рис. 4.

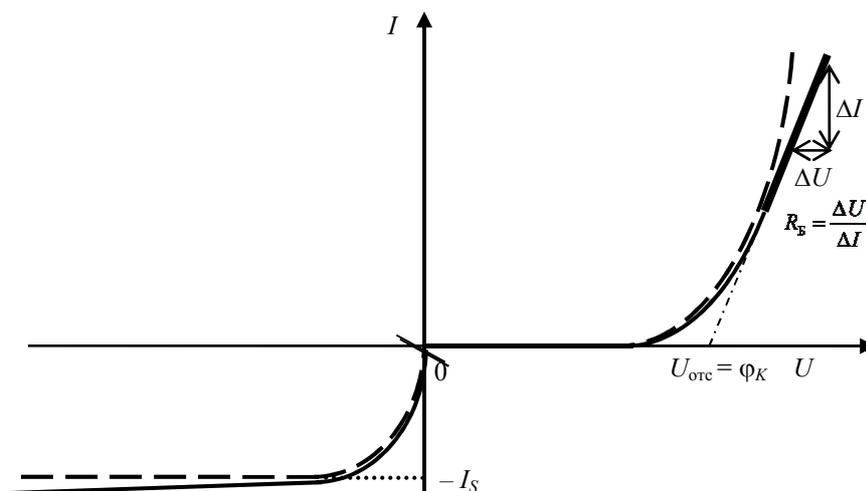


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика идеального полупроводникового (штриховые линии) и реального (сплошные линии) диодов

Используя схему (см. рис. 1), исследуем ВАХ диода Шоттки на постоянном токе. Внешне ВАХ полупроводникового диода и диода Шоттки схожи, но ВАХ барьера Шоттки является несимметричной. Диод с барьером Шоттки выполняется на основе контакта металл – полупроводник. В диодах такого типа эффективнее использовать полупроводник  $n$ -типа, т. к. подвижность электронов у него более высокая, чем у дырок. Вольт-амперная характеристика диода иллюстрирует, что прямой ток повышается по экспоненте при увеличении напряжения, в то время как обратный практически не зависит от приложенного напряжения.

Делаем вывод – в работе диода с барьером Шоттки есть некоторые особенности:

- ток образуется только электронами, движущимися из кремния в металл, т. к. отсутствует диффузия неосновных носителей в базу;
- прямое напряжение на графике меньше, чем у кремниевого  $p$ – $n$ -перехода при той же величине тока, например при  $I = 0,5$  мА,  $U_{д} = 9$  В,  $U_{ш} = 6$  В (рис. 5, 6).

Недостатком диодов Шоттки по сравнению с биполярными диодами является их больший обратный ток и меньшее напряжение пробоя.

**Задание № 2.** Оцените влияние внешних факторов на вольт-амперные характеристики (ВАХ) реальных диодов по экспериментальным данным.

**Ответ.** Вольт-амперная характеристика диода (при прямом включении) изменяется с повышением температуры. Даже незначительное повышение температуры  $T$  от 300 К (четкая линия на рис. 6) до 343 К (штриховая линия на рис. 6) влияет на высоту потенциального барьера и распределение носителей заряда по энергиям. Уменьшается высота барьера – носители заряда занимают более высокие уровни и, как следствие, прямой ток через диод увеличивается. Важно знать, из какого полупроводникового материала изготовлен диод. От этого зависит влияние температуры и высота потенциального барьера. Так, при увеличении тока при прямом включе-

нии диода повышается сопротивление базы, ВАХ становится нелинейной (рис. 6). При обратном включении диода его ток быстро возрастает с увеличением температуры вследствие повышения концентрации собственных носителей зарядов. Для диодов с большой шириной запрещенной зоны проводимости (как у нас в лабораторной работе) концентрация будет значительно меньше, поскольку концентрация собственных носителей заряда с увеличением ширины запрещенной зоны экспоненциально уменьшается.

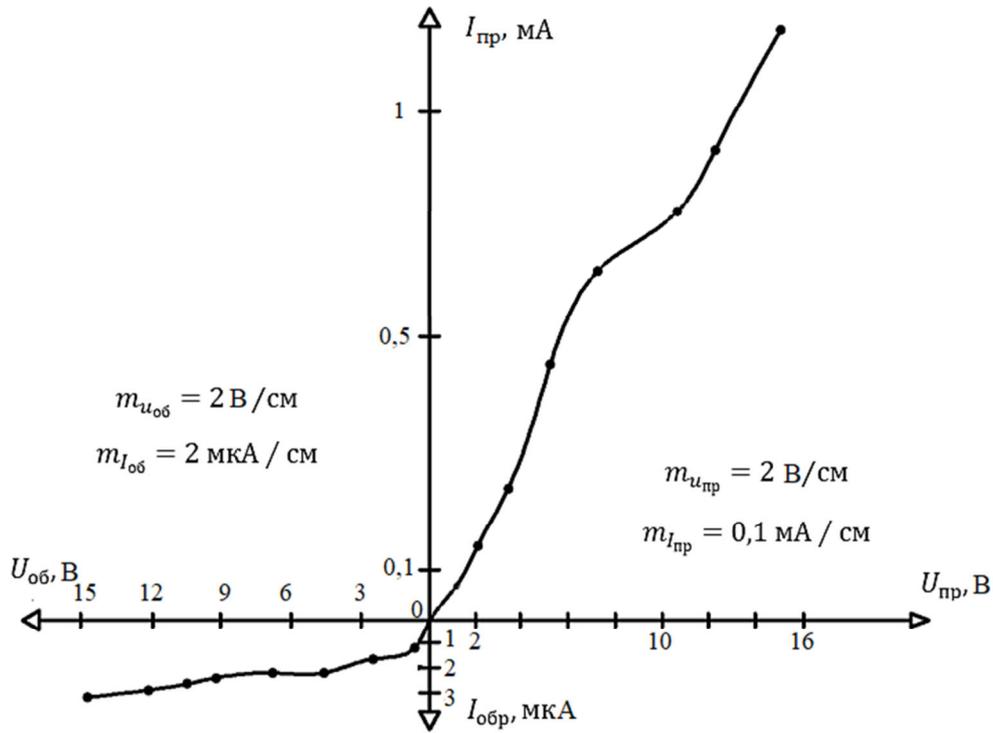


Рис. 5. Экспериментальная ВАХ диода Шоттки

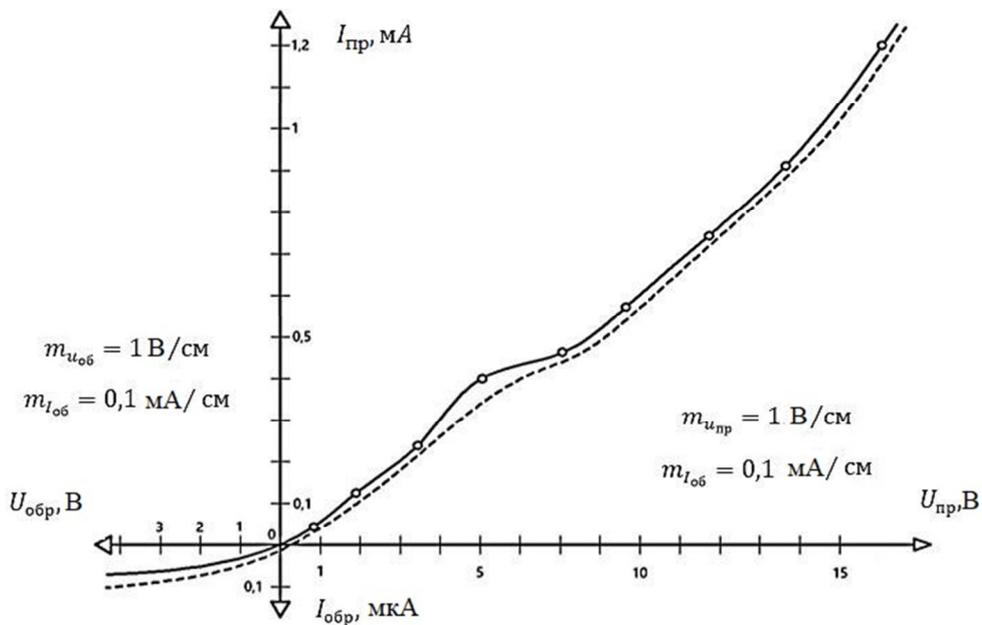


Рис. 6. Экспериментальная ВАХ кремниевого диода при различной температуре

Задание № 3. По экспериментальным результатам построить вольт-амперные характеристики (ВАХ) полупроводникового стабилитрона  $I = f(U_{ст})$ . Определить статическое и дифференциальное сопротивления стабилитрона для прямолинейного участка цепи.

Ответ. Используя схему (см. рис. 1) для исследования стабилитрона на постоянном токе и показания приборов, строим график зависимости выходного напряжения  $U_{ст}$  от тока  $I_{ст}$  (рис. 7).

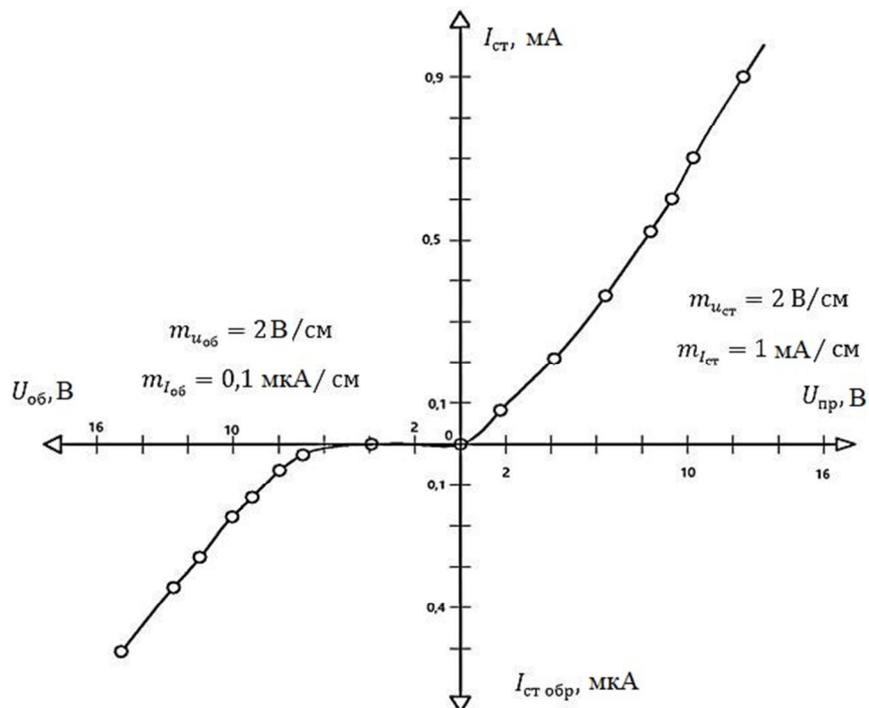


Рис. 7. Экспериментальная ВАХ полупроводникового стабилитрона

В зависимости от сопротивления стабилитрона ВАХ полупроводникового кремниевого стабилитрона – прибора, применяемого для стабилизации напряжения – может иметь другой график зависимости (рис. 8).

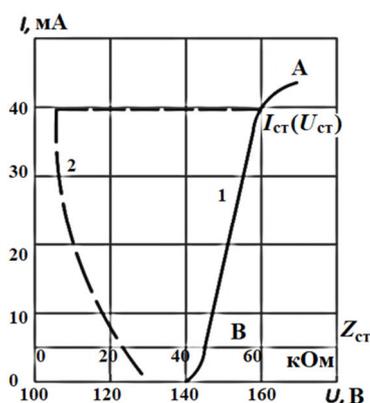


Рис. 8. Вольт-амперные характеристики полупроводникового стабилитрона  $I = f(U_{ст})$

Определяем статическое и дифференциальное сопротивления стабилитрона для прямолинейного участка  $AB$  характеристики (рис. 8). Сопротивление стабилитрона на этом участке уменьшается от 27 до приблизительно 5 кОм.

Для определения дифференциального сопротивления находим по кривой  $I = f(U_{ст})$  приращение напряжения  $\Delta U$  и тока  $\Delta I$  на этом участке:  $\Delta U = U_A - U_B = 162 - 145 = 17$  В;  $\Delta I = I_A - I_B = 40 - 5 = 35$  мА. Дифференциальное сопротивление стабилитрона  $R_{диф} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{17 \text{ В}}{35 \text{ мА}} = 0,496$  кОм.

**Задание № 4.** Оцените влияние температуры и величины изменяющегося напряжения на характеристики излучения светодиодов.

**Ответ.** Принцип работы светоизлучающих диодов основан на излучательной рекомбинации в объеме  $p-n$ -перехода при инжекции неосновных носителей заряда под действием прямого напряжения. В результате излучательной рекомбинации переход испускает электромагнитные волны, которые могут находиться в световом (видимом) или инфракрасном (невидимом) диапазоне. В исследуемом нами светодиоде КПД составляет 16 %. Следовательно, любая температура внешней среды влияет на температуру кристалла: чем больше энергии попадает на светодиод, тем выше его температура. Однако потребляемая мощность светоизлучающих диодов невелика, но частота свечения высокая. Также наблюдается стабильность цвета свечения от времени воздействия и температуры; при увеличении температуры возрастает термическое расширение кристаллической решетки кристалла, изменяется ширина запрещенной зоны диода. Влияние термического расширения решетки обеспечивает примерно 25 % наблюдаемой температурной зависимости. Расчеты и диаграмма свидетельствуют, что ширина запрещенной зоны меняется линейно с повышением температуры. У большинства же полупроводников значение  $E_g$  уменьшается с возрастанием температуры (рис. 9).

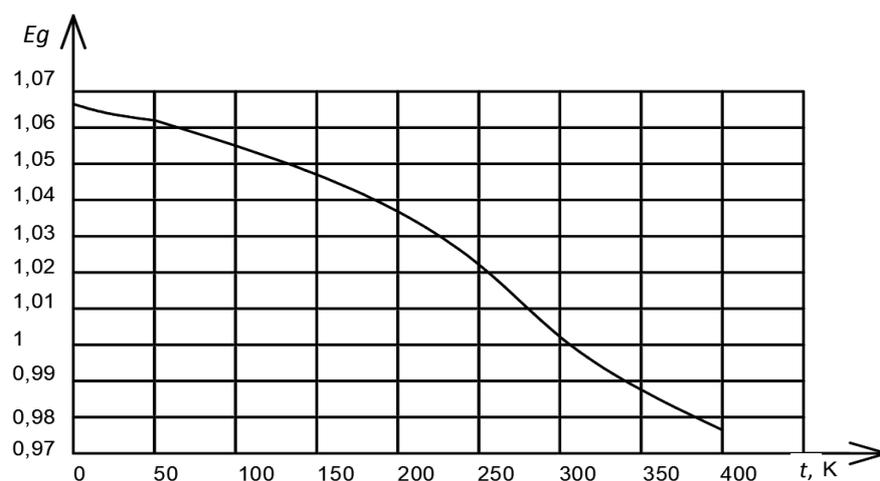


Рис. 9. Диаграмма зависимости ширины запрещенной зоны полупроводника от температуры

Влияние величины напряжения на светоизлучающем диоде на световую эмиссию проиллюстрируем в таблице.

#### Зависимость силы тока светодиода от входного напряжения

$U_{ст}, \text{ В}$	$I_{ст}, \text{ мА}$	Световое излучение диода
6	0,25	Отсутствует
10,2	0,55	Среднее
14,7	0,98	Слабое

Отчет после выполнения лабораторной работы и решения заданий обучаемый отправляет преподавателю в электронном виде через локальную сеть или интернет.

### Заключение

Представленная лабораторная работа как наглядный пример демонстрирует необходимость информационной подготовки обучаемого для освоения им программы специалитета или бакалавриата, конкретно – дисциплин физико-математического модуля («Информатика», «Информационные технологии», «Физика») и профессионального модуля («Энергетические комплексы морской техники», «Электрооборудование судов»).

Предложенная методика выполнения лабораторных работ и решение заданий на основе экспериментальных данных при дистанционном обучении предоставляют широкие возможности для дальнейшей исследовательской работы обучающихся в области современной морской индустрии с использованием, к примеру, облачных технологий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сохор А. М.* Логическая структура учебного материала (вопросы дидактического анализа): дис. ... д-ра пед. наук. М., 1974. 192 с.
2. *Мальцева В. П.* Структурирование учебного материала по физике как один из этапов построения обучающих тестов для контроля знаний студентов // Деп. в ВИНТИ. 1986. № 6850-В86. 1 с.
3. *Быкова В. П.* Многоуровневая обучающая программа по физике как средство организации самостоятельной работы студентов в интернациональной группе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1997. 16 с.
4. *Осипьянц Е. К.* Самостоятельная работа студентов как средство активизации их интеллектуальной деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тбилиси, 1978. 27 с.
5. *Талызина Н. Ф.* Теоретические проблемы программированного обучения. М., 1969. 133 с.
6. *Лозовская Р. А.* Организация самостоятельной работы студентов младших курсов вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1975. 24 с.
7. *Соколенко Л. И.* Использование технических средств обучения в процессе активизации познавательной деятельности студентов-иностранцев подготовительных факультетов: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1979. 15 с.
8. *Мустафин Ю. А., Шадрин Д. Б.* Дистанционное образование в технических вузах. Решение проблемы преподавания специализированных дисциплин // *Соврем. техника и технологии.* 2015. № 2. URL: <http://technology.snauka.ru/2015/02/5751> (дата обращения: 13.02.2021).
9. *Денисов С. В., Теодорович Н. Н.* Перспективные методики преподавания электротехнических дисциплин // *Инновационные технологии в современном образовании: сб. тр. по материалам III Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (Королев, 18 декабря 2015 г.).* М.: Научный консультант, 2016. С. 173–177.
10. *Бородеянко В. Н.* Электрические цепи и основы электроники: методические указания к проведению лабораторных работ на стенде Э4. Челябинск: Учтех-Профи, 2016. 97 с.

Статья поступила в редакцию 09.03.2021

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Валентина Прохоровна Быкова** – канд. пед. наук, доцент; доцент кафедры физики; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; v.p.bykova@mail.ru.



## ELECTROTECHNICAL COMPLEX FOR DISTANCE LEARNING

V. P. Bykova

Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation

**Abstract.** The article identifies the difficulties arising from distant training of electro-engineering disciplines, in particular, when conducting laboratory work on the course of physics, electrical engineering and electronics. The advantages and prospects of technical means in education have been analyzed. The achievements of high-quality distance learning based on a computer laboratory of the educational and methodological electrical installation complex have been listed. Functioning of a computer laboratory supposes a connection between the server and the computers of the students and the teacher. One of the ways to implement distance learning using computer technologies when performing laboratory work on electrical disciplines has been presented. There has been considered an algorithm for solving graphical and computational tasks by using experimental data obtained when working with the test bench “Electrical Energy and Electronics”. There have been illustrated the diagrams of an AC rectifier diode, a parametric stabilizer of the electrical circuit voltage on the laboratory bench; the graphs of the current-voltage characteristics of an ideal semiconductor and real diodes, a Schottky diode, a silicon diode at different temperatures, a Zener diode. A diagram of the dependence of semiconductor band gap on temperature is presented. It has been inferred that the students must be IT competent before studying special subjects, in particular, physics and mathematics (specialist’s course “Ship Power plants and Automatic Equipment Operation”; Bachelor’s courses “Shipbuilding”, “Ship Power Plants”), as one of the areas of their professional activities is design and modernization of ships and marine equipment and automation, as well as the analysis of operational characteristics of power plants, which is impossible without special software and technologies. The proposed methods of conducting the laboratory work will prepare the trainees for solving the professional problems.

**Key words:** electrical engineering complex, electrical engineering, electronics, information technologies, distant learning.

**For citation:** Bykova V. P. Electrotechnical complex for distance learning. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2021;2:109-119. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2021-2-109-119.

## REFERENCES

1. Sokhor A. M. *Logicheskaya struktura uchebnogo materiala (voprosy didakticheskogo analiza): dis. ... d-ra ped. nauk* [Logical structure of educational material (questions of didactic analysis): diss. dr. ped. sci.]. Moscow, 1974. 192 p.
2. Mal'tseva V. P. Strukturirovanie uchebnogo materiala po fizike kak odin iz etapov postroeniia obuchaiushchikh testov dlia kontrolya znaniy studentov [Structuring educational material in physics as one of stages of constructing training tests to control students' knowledge]. *Dep. v VINITI*, 1986, № 6850-V86, 1 p.
3. Bykova V. P. *Mnogourovnevaia obuchaiushchaia programma po fizike kak sredstvo organizatsii samostoiatel'noi raboty studentov v internatsional'noi grupe: avtoreferat dis. ... kand. ped. nauk* [Multilevel teaching program in physics as means of organizing independent work of students in international group: diss. abstr. cand. ped. sci.]. Moscow, 1997. 16 p.
4. Osip'iants E. K. *Samostoiatel'naya rabota studentov kak sredstvo aktivizatsii ikh intellektual'noi deiatel'nosti: avtoreferat dis. ... kand. ped. nauk* [Independent work of students as means of enhancing their intellectual activity: diss. abstr. cand. ped. sci.]. Tbilisi, 1978. 27 p.
5. Talyzina N. F. *Teoreticheskie problemy programirovannogo obucheniia* [Theoretical problems of programmed teaching]. Moscow, 1969. 133 p.
6. Lozovskaya R. A. *Organizatsiia samostoiatel'noi raboty studentov mladshikh kursov vuza: avtoreferat dis. ... kand. ped. nauk* [Organization of independent work of students of junior courses at university: diss. abstr. cand. ped. sci.]. Moscow, 1975. 24 p.
7. Sokolenko L. I. *Ispol'zovanie tekhnicheskikh sredstv obucheniia v protsesse aktivizatsii poznavatel'noi deiatel'nosti studentov-inostrantsev podgotovitel'nykh fakul'tetov: avtoreferat dis. ... kand. ped. nauk* [Use of technical teaching aids for enhancing cognitive activity of foreign students of preparatory faculties: diss. abstr. cand. ped. sci.]. Moscow, 1979. 15 p.

8. Mustafin Iu. A., Shadrin D. B. Distantionnoe obrazovanie v tekhnicheskikh vuzakh. Reshenie problemy prepodavaniia spetsializirovannykh distsiplin [Distance education in technical universities. Solving problem of teaching specialized disciplines]. *Sovremennaiia tekhnika i tekhnologii*, 2015, no. 2. Available at: <http://technology.snauka.ru/2015/02/5751> (accessed: 13.02.2021).

9. Denisov S. V., Teodorovich N. N. Perspektivnye metodiki prepodavaniia elektrotekhnicheskikh distsiplin. Innovatsionnye tekhnologii v sovremennom obrazovanii [Perspective methods of teaching electrical engineering disciplines. Innovative technologies in modern education]. *Sbornik trudov po materialam III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi internet-konferentsii (Korolev, 18 dekabria 2015 g.)*. Moscow, Nauchnyi konsul'tant, 2016. Pp. 173-177.

10. Borodiansko V. N. *Elektricheskie tsepi i osnovy elektroniki: metodicheskie ukazaniia k provedeniiu laboratornykh rabot na stende E4* [Electrical circuits and fundamentals of electronics: guidelines for laboratory work at stand E4]. Cheliabinsk, Uchtekh-Profi, 2016. 97 p.

The article submitted to the editors 09.03.2021

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Valentina P. Bykova** – Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Physics; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; [v.p.bykova@mail.ru](mailto:v.p.bykova@mail.ru).

