

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.355

На правах рукописи

РЁМИН
Владимир Андреевич

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДОМ
АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра техники и технологий

по специальности 1-39 81 01 – Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Минск 2017

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **АЛЕКСЕЕВ Виктор Федорович**,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **БОНДАРИК Василий Михайлович**,
кандидат технических наук, доцент, заместитель декана факультета заочного обучения учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «26» января 2017 г. года в 11⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

СОГЛАСОВАНО
научный руководитель
канд. техн. наук, доцент

В.Ф. Алексеев

ВВЕДЕНИЕ

Современные переносные и носимые устройства работают, в основном, на аккумуляторных батареях. Аккумуляторные батареи обладают уникальными тактико-техническими характеристиками: номинальное напряжение, емкость, максимальный отдаваемый ток, минимальное рабочее напряжение, при котором встроенный контроллер еще позволит эксплуатировать аккумуляторную батарею, форма, габариты и др.

Наиболее ключевой характеристикой является емкость аккумуляторной батареи, обуславливающее то время, в течение которого аккумулятор сможет отдавать энергию для работы электронных устройств. В отличие от номинального напряжения или максимального отдаваемого тока, емкость не является постоянной величиной. Ее значение сильно зависит от условий эксплуатации аккумуляторной батареи, от количества циклов заряд/разряд, которые уже были произведены, от степени изношенности аккумулятора, от качества зарядного устройства, поскольку при хроническом недозаряде, номинальная емкость остается лишь на бумаге.

Часто встречается ситуация, когда в эксплуатацию попадают аккумуляторные батареи, номинальная емкость которых неизвестна. Также необходимо систематически проверять остаточную емкость аккумуляторов, если в системе отсутствует резервирующее питание.

На сегодняшний день существует большое число работ в области определения номинальных параметров химических источников тока, к которым относятся, в частности, аккумуляторные батареи. Вследствие того, что аккумуляторные батареи эксплуатируются и в военной аппаратуре, существует два различных направления исследований: отечественный и зарубежный. В большинстве случаев при разработке аккумуляторных батарей используются те же физические и химические принципы, однако существуют и различия, обусловленные различными условиями эксплуатации и доступностью природных ресурсов. Наиболее значимые результаты были достигнуты российскими учеными, такими как: И.А. Кедринский, А.А. Таганова, И.А. Пак, А.В. Тронь, Е.М. Шембель, Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург, В.С. Лаврус, Ю.Б. Каменев, Н.В. Коровин, А.М. Скундин, которые активно внедряют разработанные технологии в новейшие виды техники. Получить информацию о зарубежных разработках можно лишь из доступных открытых источников, в которых существенно сокращено количество полезной информации.

Существование большой номенклатуры различных аккумуляторных батарей ведет к необходимости разработки методов и средств повышения эффективности обслуживания аккумуляторных батарей, что доказывает актуальность темы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Для работы радиоэлектронных средств (РЭС) необходимо наличие стационарной сети электропитания или встроенной аккумуляторной батареи. Разнообразие типов и номиналов аккумуляторных батарей не позволяет использовать одинаковые методы и средства для их зарядки, увеличивает номенклатуру зарядных устройств и усложняет контроль за состоянием аккумуляторных батарей в процессе зарядки. Существует проблема в большом количестве несертифицированных аккумуляторных батарей, используемых в аппаратуре, установить тип и номинал которых не представляется возможным.

Степень разработанности проблемы

Исследования в области многообразия химических источников тока базируется на основе анализа физических особенностей разных типов батарей, описание которых достаточно хорошо изложено в работах российских и украинских ученых: И.А. Кедринский, А.А. Таганова, И.А. Пак, А.В. Тронь, Е.М. Шембель, Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург, В.С. Лаврус, Ю.Б. Каменев, Н.В. Коровин, А.М. Скундин, а так же зарубежных авторов: I. Buchmann, С.Н. Chen, J.Liu, M.A. Reid и др.

Одним из недостатков исследований, представленных в современной технической литературе, является неполное рассмотрение возможности унификации зарядных устройств и алгоритмов оптимизации зарядных процессов.

Предложенное исследование направлено на устранение этого недостатка и выработку алгоритмов повышения качества средств обслуживания различных аккумуляторных батарей с возможностью автоматизации процесса.

Цель и задачи исследования

Цель работы состоит в изучении различных типов аккумуляторных батарей, алгоритмов их зарядки с учетом конструктивных и функциональных особенностей, и разработке методов унификации зарядных устройств для различных типов аккумуляторных батарей.

Поставленная цель работы определяет **следующие основные задачи:**

1. Изучение разновидностей и типов существующих аккумуляторных батарей.
2. Анализ методов зарядки аккумуляторных батарей. Выработка концепции автоматизации процесса зарядки.
3. Анализ средств управления зарядом аккумуляторных батарей. Изучение направления для унификации зарядных устройств.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 81 01-2012

специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы российских и украинских ученых в области определения эксплуатационных характеристик химических источников тока, методов и средств их обслуживания.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в выработке методов, позволяющих максимально автоматизировать процесс зарядки различных аккумуляторных батарей на одном устройстве с исключением оператора из процесса установки номинальных значений и контроля над состоянием батареи во время зарядки.

Теоретическая значимость работы заключается в детальном анализе физических принципов, положенных в основу работы различных наиболее встречающихся аккумуляторных батарей, с учетом изучения направления для унификации зарядных устройств.

Практическая значимость диссертации состоит в разработке методологии зарядки аккумуляторных батарей различных типов и номиналов, которая позволит создать унифицированное автоматическое зарядное устройство, которое будет без вмешательства оператора подбирать наиболее оптимальный алгоритм зарядки.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Многообразие существующих аккумуляторных батарей, физические принципы, лежащие в основе их работы, влияние конструктивных особенностей на эксплуатационные характеристики.
2. Способы определения номинальной емкости аккумуляторных батарей в рамках концепции унификации зарядных устройств.
3. Метод последовательного приближения для определения зарядного напряжения в рамках концепции автоматизации процесса зарядки.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на 51-ой научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (Минск, Беларусь, 2015 г.), на XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов (Рязань, РФ, 16–18 ноября 2016 г.), 12-ой Международной мо-

лодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникации, РТ-2016» (Севастополь, РФ, 03–07 октября 2016 г.).

Отдельные положения диссертации могут быть использованы при преподавании дисциплин «Проектирование электронных модулей устройств и систем», «Конструирование и технология электронных устройств».

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 4 печатных работах. В их числе 3 статьи в сборниках материалов научных конференций и 1 тезис доклада на научной конференции.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 8 страниц.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка, приложений.

В первой главе приведен обзор наиболее встречаемых аккумуляторных батарей различного типа, а также рассмотрены физические принципы, лежащие в основе их работы. **Во второй главе** рассмотрены существующие методы зарядки аккумуляторных батарей с учетом конструктивных и технологических особенностей описанных в первой главе аккумуляторных батарей, выработана концепция, позволяющая исключить оператора из процесса подбора необходимых номиналов. **В третьей главе** представлен краткий обзор существующих зарядных устройств и средств управления зарядом, описаны результаты работы по унификации зарядных устройств. **В приложении** представлены публикации автора и акт внедрения.

Общий объем диссертационной работы составляет 90 страниц. Из них 57 страниц основного текста, 19 иллюстраций на 17 страницах, 5 таблиц на 5 страницах, библиографический список из 34 наименований на 3 страницах, список собственных публикаций соискателя из 4 наименований на 1 странице.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы многообразия существующих аккумуляторных батарей, недостатка исследований в направлении унификации и автоматизации, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также описано обоснование актуальности темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и

задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В первой главе приведен обзор современного состояния проблемы многообразия существующих аккумуляторных батарей, а также рассмотрены физические принципы, лежащие в основе их работы, возможность разработки новых алгоритмов зарядки, основанных на возможной унификации зарядных устройств.

Из анализа следует, что существует большое множество наиболее встречаемых аккумуляторных батарей, в основе работы которых лежат разные физические принципы, из которых следуют разные особенности при работе, что обуславливает актуальность проводимых исследований.

Были рассмотрены следующие типы аккумуляторных батарей:

- литиевые;
- литий-ионные;
- литий-полимерные;
- алюминий-ионные;
- никель-кадмиевые;
- никель-металлгидридные;
- свинцово-кислотные стартерные;
- герметизированные свинцово-кислотные;
- гелиевые.

Проанализирована устойчивость аккумуляторных батарей к воздействию теплового излучения, появляющегося вследствие некорректного подбора зарядных токов. Выявлены наиболее чувствительные аккумуляторы к перегреву. На основе проведенных исследований выбрано направление для дальнейшего анализа существующих зарядных алгоритмов и разработки алгоритмов

При проведении анализа повреждений в результате воздействия теплового воздействия на аккумуляторы, выявлено, что в большинстве случаев они могут быть обусловлены не только физико-химическими изменениями, но и конструктивным исполнением.

Во второй главе представлен анализ существующих методов зарядки аккумуляторных батарей. Было рассмотрено воздействие каждого метода на все типы приведенных в первой главе аккумуляторных батарей.

На основе полученных данных и проведенных исследований было предложено использовать в качестве алгоритма, определяющего зарядный ток, способ, при котором зарядный ток соответствует доле определенной эмпирическим методом номинальной емкости аккумуляторной батареи. Суть заключается в том, что определение оптимального зарядного тока сводится к скорости протекания физико-химических реакций внутри аккумулятора, и емкость аккумуляторной батареи является ключевым фактором, поскольку плотность тока, необходимая для оптимальной и эффективной зарядки, определяется исходя из расчета емкости.

На основании проведенных исследований была выработана концепция унификации зарядных устройств, поскольку алгоритм определения номинальной емкости позволяет определять номинальную емкость всех представленных в первой главе аккумуляторных батарей. Был предложен вариант унификации зарядных устройств

В третьей главе представлен анализ средств управления зарядом и существующих типов зарядных устройств. На его основе была рассмотрена возможность создания автоматического зарядного устройства, которое работало бы без вмешательства оператора в процесс зарядки аккумуляторных батарей.

Для реализации возможности автоматизации автором было предложено использовать метод последовательного приближения для определения необходимого зарядного напряжения. Данный подход позволяет автоматизировать процесс определения необходимого зарядного напряжения, что позволяет использовать одно зарядное устройство для большой номенклатуры аккумуляторных батарей. Реализация метода последовательного приближения основана на разбиении всего диапазона зарядного напряжения на поддиапазоны, представленные на рисунке 1.

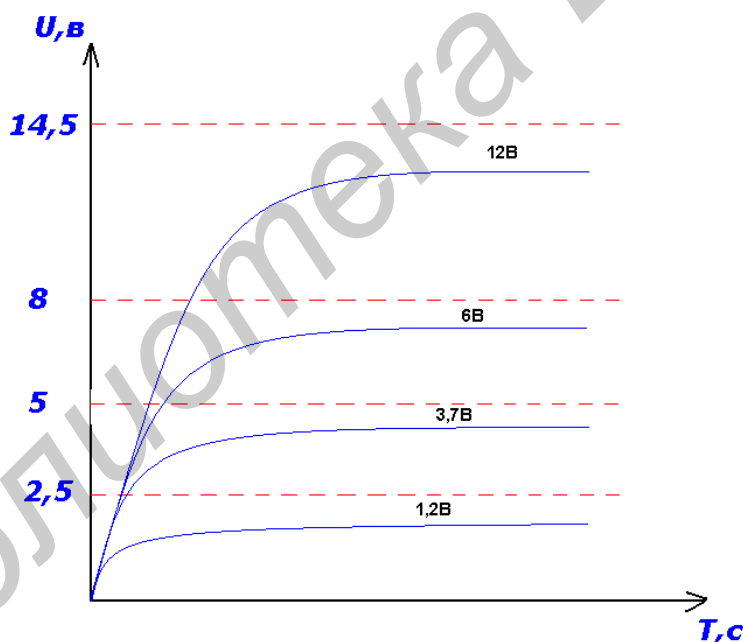


Рисунок 1 - Разбиение зарядного напряжения на диапазоны с указанием кривых заряда аккумуляторов 1,2В;3,7В;6В;12В

На рисунке 1 представлен пример разбиения зарядного напряжения на диапазоны, необходимые для зарядки различных наиболее встречаемых аккумуляторных батарей. На его основе можно реализовать метод последовательного приближения, представленный на рисунке 2.

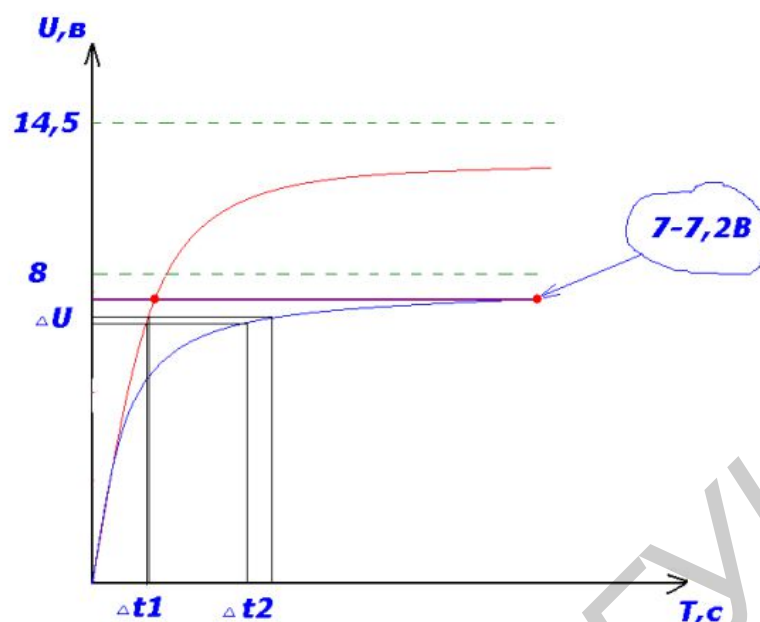


Рисунок 2 – Пример реализации метода последовательного приближения

Как следует из рисунка 2, для разных типов аккумуляторов, в данном примере $6V$ и $12V$, для одного и того же изменения напряжения (ΔU), необходимо разное время Δt_1 и Δt_2 . Малое время t_1 свидетельствует о дальнейшем продолжении зарядки и необходимости увеличения зарядного напряжения. Большое, по сравнению с t_1 , время t_2 говорит о том, что аккумуляторная батарея практически заряжена и достигла своего максимального напряжения, и дальнейшего увеличения напряжения не нужно.

На основе проведенных исследований предложен вариант создания автоматического зарядного устройства, которое будет на основании полученных результатов об определении номинальной емкости аккумуляторной батареи определять оптимальный зарядный ток, а далее методом последовательного приближения находить оптимальное для зарядки напряжение. Данный способ позволяет решить проблему использования несертифицированных аккумуляторных батарей, поскольку устройство по заданным алгоритмам определит наиболее оптимальные параметры для зарядки.

Помимо автоматизации подбора необходимых номиналов приведено исследование, направленное на унификацию средств управления зарядом.

В целом, использование данных алгоритмов способствует решению проблем унификации и автоматизации процесса зарядки различных аккумуляторных батарей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен анализ физических принципов лежащих в основе работы наиболее встречаемых сегодня аккумуляторных батарей, изучено влияние конструктивного исполнения на эксплуатационные характеристики.

2. Предложены методы определения номинальной емкости аккумуляторных батарей, направленных на автоматизацию и унификацию зарядных устройств, рассмотрена и предложена реализация импульсных методов для унификации зарядных устройств [1, 3, 4].

3. В результате проведенных исследований предложена реализация метода последовательного приближения для поиска оптимального зарядного напряжения, направленного на определение зарядного напряжения для аккумуляторных батарей с неизвестными характеристиками [2].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в учебный курс “Конструирование и технология электронных устройств”.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

[1] Рёмин, В. А. Методы определения емкости аккумуляторных батарей / В.А. Рёмин // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. (Рязань, РФ, 16–18 ноября 2016 г.) / Рязань: РГРТУ, 2016. – С. 381–383.

[2] Рёмин, В. А. Определения зарядного напряжения аккумуляторных батарей методом последовательного приближения / В.А. Рёмин // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. (Рязань, РФ, 16–18 ноября 2016 г.) / Рязань: РГРТУ, 2016. – С. 383–385.

[3] Заремба, А.В. Использование импульсных схем при ускоренной зарядке аккумуляторных батарей / А.В. Заремба, В.А. Рёмин // 12-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ-2016» (Севастополь, РФ, 03–07 октября 2016 г.) / Севастополь: СевГУ, 2016. – С. 60.

Тезисы конференций

[4] Рёмин, В. А. Зарядное устройство на базе микроконтроллера / В.А. Рёмин // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов по направлению 4: Компьютерные системы и сети: материалы конф. (Минск, Беларусь, 13–17 апреля 2015 г.) / Минск: БГУИР, 2015. – С. 197–199.

РЭЗІЮМЭ

Ромін Уладзімір Андрэвіч

Метады і сродкі кіравання зарадам акумулятарных батарэй

Ключавыя словы: акумулятарная батарэя, зарадная прылада, метады зарадкі, уніфікацыя.

Мэта працы: вывучэнне розных тыпаў акумулятарных батарэй, алгарытмаў іх зарадкі з улікам канструктыўных і функцыянальных асаблівасцяў, і распрацоўка метадаў уніфікацыі зарадных прылад для розных тыпаў акумулятарных батарэй.

Атрыманыя вынікі і іхнавізна: выкананы аналіз існуючых найбольш сустракаемых акумулятарных батарэй. Праведзена даследаванне, якое паказала рэакцыю розных тыпаў акумулятарных батарэй на цеплавое ўздзеянне. Быў выраблены аналіз існуючых метадаў зарадкі акумулятарных батарэй. На аснове атрыманых дадзеных была выпрацавана канцэпцыя уніфікацыі зарадных прылад і прапанаваны варыянты яе рэалізацыі на аснове алгарытмаў вызначэння намінальнай ёмістасці акумулятарнай батарэй. Былі прапанаваны метады зарадкі з выкарыстаннем імпульсных схем. Была прапанавана рэалізацыя метаду паслядоўнага набліжэння для пошуку аптымальнага зараднай напругі. Дадзенае рашэнне ў сукупнасці з вызначэннем зараднай току на аснове намінальнай ёмістасці дазваляе ўніфікаваць і цалкам аўтаматызаваць зарадныя прылады..

Ступень выкарыстання: вынікі ўкаранены ў навучальны працэс на кафедры праектавання інфармацыйна-камп'ютэрных сістэм ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі» ў навучальны курс «Фізічныя асновы праектавання радыёэлектронных сродкаў».

Вобласць ужывання: паўправадніковая прамысловасць, мікрапрацэсарныя сістэмы.

РЕЗЮМЕ

Рёмин Владимир Андреевич

Методы и средства управления зарядом аккумуляторных батарей

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, зарядное устройство, методы зарядки, унификация.

Цель работы: изучение различных типов аккумуляторных батарей, алгоритмов их зарядки с учетом конструктивных и функциональных особенностей, и разработка методов унификации зарядных устройств для различных типов аккумуляторных батарей.

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ существующих наиболее встречаемых аккумуляторных батарей. Проведено исследование, которое показало реакцию различных типов аккумуляторных батарей на тепловое воздействие. Был произведен анализ существующих методов зарядки аккумуляторных батарей. На основе полученных данных была выработана концепция унификации зарядных устройств и предложены варианты ее реализации на основе алгоритмов определения номинальной емкости аккумуляторной батареи. Были предложены методы зарядки с использованием импульсных схем. Была предложена реализация метода последовательного приближения для поиска оптимального зарядного напряжения. Данное решение в совокупности с определением зарядного тока на основе номинальной емкости позволяет унифицировать и полностью автоматизировать зарядные устройства.

Степень использования: результаты внедрены в учебный процесс на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в учебный курс «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств».

Область применения: полупроводниковая промышленность, микропроцессорные системы.

SUMMARY

Remin Vladimir Andreevich

The methods and battery charge control agents

Keywords: battery, battery charger, charging methods, unification model.

The object of study: study of various types of batteries, their charging algorithms based on structural and functional characteristics and the development of methods for the unification of chargers for different types of batteries.

The results and novelty: the analysis of the most encountered existing batteries. The study, which showed the reaction of different types of batteries at the thermal effect. analysis of existing methods for battery charging was performed. On the basis of the data obtained was worked out the concept of unification chargers and variants of its implementation on the basis of algorithms for determining the nominal battery capacity. methods using pulsed charging schemes have been proposed. implementation of the method of successive approximations was proposed to find the optimal charging voltage. This decision, coupled with the determination of the charging current on the basis of the nominal capacity allows to unify and fully automated battery chargers.

Degree of use: the results implemented in the educational process at the department of design information and computer systems educational institution «Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics» in the training course «Physical fundamentals of the design of radio-electronic means».

Sphere of application: industry, MPU-sor system.