

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»
В КОНТЕКСТЕ ERASMUS + ПРОЕКТА «ALIOT»**

**Е. Ю. Маевская, А. А. Топузанов, В. Л. Беляев, С. Н. Огинская, Н. М. Лещенко,
В. Я. Ярмолович**

Одесский национальный политехнический университет

***Аннотация.** В статье описан разработанный инновационный лабораторный практикум по курсу «Специальные методы и средства электрических измерений» цикла магистерской подготовки студентов специальности 141 – «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» специализации «Инженерия умных электротехнических систем». Инновационность состоит в использовании при проведении измерений современных датчиков и микропроцессорных систем на базе «Arduino». Построение курса соответствует учебным планам ведущих университетов Европы.*

***Ключевые слова:** IoT, интернет вещей, электрические измерения, микропроцессоры, Arduino, датчики, биоимпеданс, учебный курс, лабораторный стенд.*

Введение

Сложившаяся за последние годы система подготовки специалистов-электриков в Украине уже перестает удовлетворять требованиям развивающейся индустрии. Сегодня в промышленности нужны не только специалисты, имеющие хорошую научную и практическую подготовку в области электроэнергетики. Начавшаяся в 2010-е годы четвертая индустриальная революция (Industry 4.0) [1] заключается в массовом внедрении в производство так называемых киберфизических систем. Она предусматривает использование таких систем для обслуживания большинства человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг [2].

Для проектирования, монтажа и эксплуатации таких систем требуются специалисты широкого профиля, имеющие знания как в компьютерной инженерии, так и в промышленных электротехнических системах. Однако, существующая не только в Украине, но и в мире, система специальностей, предусматривает подготовку узких специалистов или только в компьютерных науках или только в области проектирования и эксплуатации систем электротехники [3]. Таким образом, сегодня существует разрыв между потребностями индустрии и возможностями системы высшего образования. Причем разрыв этот является глобальной проблемой [4].

На преодоление указанного отрыва системы образования от потребностей индустрии направлено выполнение ERASMUS+ проекта “Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and

Human Applications” (ALIOT, регистрационный номер 573818-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-SVNE-JP) [5]. Его целью является разработка учебных программ и внедрение новых подходов к предоставлению образовательных услуг посредством постоянной обратной связи от работодателей и коррекции образовательного процесса, а также методологическая и материально-техническая поддержка учебного процесса.

Одесский национальный политехнический университет (ОНПУ) является членом международного консорциума по выполнению этого проекта. В рамках проекта в ОНПУ выполнена разработка новой учебной программы для специализации «Инженерия умных электротехнических систем» в рамках специальности 141 – «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика». Учебная программа предусматривает набор взаимно увязанных курсов, которые обеспечивают подготовку специалистов как в области электротехники, так и в области компьютерной инженерии.

Представленный в настоящей статье лабораторный практикум относится к обновленному курсу «Специальные методы и средства электрических измерений». Несмотря на традиционное название, курс получил инновационное содержание за счет изучения и применения микропроцессорной техники в области электрических измерений.

Рассмотрим общие принципы построения лабораторного практикума.

1. Общие принципы построения лабораторного практикума

Лабораторный практикум по курсу «Специальные методы и средства электрических измерений» разработан в рамках программы подготовки магистров по специальности 141 – «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» специализации «Инженерия умных электротехнических систем». Эта специализация открыта в ОНПУ при поддержке ERASMUS+ проекта ALIOT.

Курс базируется на таких дисциплинах как «Теоретические основы электротехники», «Микропроцессорные системы», «Программирование микропроцессорных систем», «Вычислительная техника и программное обеспечение» и «Метрология и электрические измерения».

Общая цель лабораторного цикла – научиться выполнять электрических измерения с применением микропроцессорных систем и анализировать результаты этих измерений. В ходе выполнения практикума студентам предстоит самостоятельно собрать схему, изучить характеристики устройств регистрации информации, провести измерения биометрических и электрических величин, обработать и проанализировать их с возможностью дальнейшей передачи через интернет.

Используемое лабораторное оборудование:

- Модуль Arduino UNO Rev3;
- Модуль ESP8266 WiFi Bee;
- датчик температуры Sensor-DS18B20;
- датчик сердечного ритма PulseSensor;
- датчик MPU-6050;
- LCD дисплей для регистрации информации.

Используемое программное обеспечение: Arduino IDE, API Thingspeak.

Интернет-ресурс ThingSpeak, используемый в лабораторном практикуме, предоставляет собой развитый и удобный инструмент для интеграции IoT устройств [6]. Это свободный ресурс с открытым исходным кодом, хорошей инфраструктурой и инструментами визуализации. Он позволяет отправлять показания датчиков на веб-сервер, накапливать эти данные, показывать их изменение во времени в виде графиков, отслеживать показания датчиков и управлять системой IoT через Интернет. С его помощью можно также создавать мобильные приложения для удаленного контроля и управления IoT устройствами. Рассмотрим кратко построение и состав разработанного лабораторного практикума.

2. Состав лабораторного практикума

В лабораторный практикум включены работы по измерению биометрических показателей, таких как частота пульса, температура тела, положения тела и биоимпеданса, а также изучение Wi-Fi модуля ESP8266 для передачи показаний этих датчиков на сервер ThingSpeak.

При подготовке к каждой лабораторной работе студенты изучают характеристики и принцип работы соответствующих датчиков, схему подключения их к микропроцессору Arduino, программное обеспечение Arduino – встроенные функции и библиотеки.

В ходе работы студенты собирают устройство для выполнения измерения, производят сами измерения и анализируют полученные результаты.

В состав лабораторного практикума входят такие работы.

Лабораторная работа 1. Изучение и применение датчика температуры Sensor-DS18B20.

Для измерения температуры в работе использован цифровой датчик Sensor-DS18B20. Считываемый с него цифровой код является прямым непосредственным кодом измеренного значения температуры и не нуждается в дополнительных преобразованиях. Абсолютная погрешность преобразования меньше $0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне температур -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Максимальное время полного двенадцатиразрядного преобразования составляет около 750мс [5].

В ходе работы студенты должны подключить датчик температуры к плате Arduino и использовать LCD дисплей в качестве регистрирующего прибора.

Лабораторная работа 2. Изучение датчика измерения сердечного ритма PulseSensor.

Импульсный датчик сердечного ритма PulseSensor – это аналоговый датчик позволяющий фиксировать частоту пульса. Он предназначен для экспериментов, связанных с измерением частоты сердечных сокращений и построен на принципе оптического измерения отраженного светового потока от кровеносных сосудов.

На датчике установлены светодиод и фотоприемник, расположенные так, что луч света, излучаемый светодиодом, попадает на фотоприемник только отразившись от препятствия, которым должна выступать подушечка пальца. На плате имеются цепи, позволяющие получить максимально чистый, без шумов, выходной сигнал [8].

В ходе работы студенты подключают датчик пульса к плате Arduino, и программируют про-

цессор таким образом, чтобы полученные показания выводились на LCD дисплей (рис. 1) или на монитор компьютера в виде количества ударов в минуту. С помощью обработки результатов сервером ThingSpeak, на экране компьютера строится график изменения значения частоты пульса за заданный период времени.

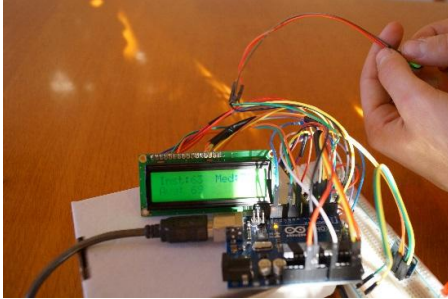


Рис. 1. Подключение и результат измерения пульса

Лабораторная работа 3. Изучение работы акселерометра и гироскопа MPU-6050.

Трехосевой гироскоп с трехосевым акселерометром MPU-6050 используется для определения положения объекта в пространстве. Этот датчик применяется для определения положения объекта в системах стабилизации положения, стабилизации прямолинейного движения и других [9].

В основу этого модуля лежит микросхема MPU6050, в которой размещаются сразу два датчика: акселерометр и гироскоп.

В ходе работы студенты подключают датчик MPU-6050 к плате Arduino и программируют вывод результатов на LCD дисплей (рис. 2). Изменяя положение датчика в пространстве, наблюдается изменение показаний на экране дисплея.

Загрузив полученные данные на сервер ThingSpeak, на экран компьютера выводится график изменения положения датчика во времени.

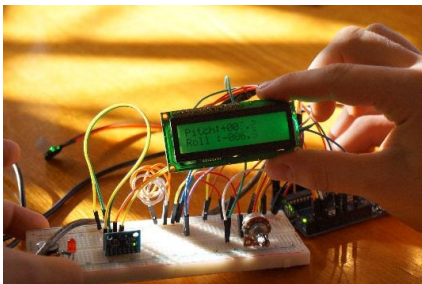


Рис. 2. Результат работы акселерометра

Лабораторная работа 4. Изучение модуля WiFi и передача данных на сервер ThingSpeak.

Wi-Fi модуль реализован на базе микросхемы ESP8266 со встроенным протоколом передачи данных TCP/IP и управлением AT-командами. Эта микросхема предназначена для беспроводной передачи данных и управления устройствами в интернете вещей (IoT) [10]. Модуль ESP8266 имеет встроенную технологию обработки и хранения информации, 32-битный процессор, поддержку Wi-Fi протоколов 802.11 b/g/n и Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.

В ходе лабораторной работы студенты создают собственную учетную запись на ThingSpeak.com [6], создают новый канал и API ключ. Загрузив скетчи Arduino [11], студенты подключают WiFi и передают результаты измерения, полученные в других работах, из предыдущих работ, на сервер. Эти данные на ThingSpeak будут показаны в форме графика.

Лабораторная работа 5. Измерение биоимпеданса.

В настоящее время измерения импеданса (полного сопротивления) живых тканей широко применяются в медицине и биологии при изучении процессов, протекающих в живых тканях при изменении их физиологического состояния, при патологических состояниях, при действии повреждающих факторов: температуры, излучения, ультразвука и т.д. В настоящее время установлено, что по показателям импеданса можно также определить границы злокачественных опухолей, некротических изменений, термических ожогов, и другие патологии. Такая возможность основана на специфических характеристиках свойства электропроводности биологических тканей и обусловлена ее клеточной структурой [11].

Особенностью метода, используемого в лабораторной работе, состоит в том, что используемые уровни напряжения (менее 50 мВ) не вносят существенных изменений в физико-химические процессы, протекающие в биологических объектах, и, тем более, не повреждают их.

Прибор для измерения биоимпеданса создан на кафедре ТООЭ ОНПУ. Он построен на базе микроконтроллера Arduino Uno и микросхемы AD5933 [12] (рис. 3).

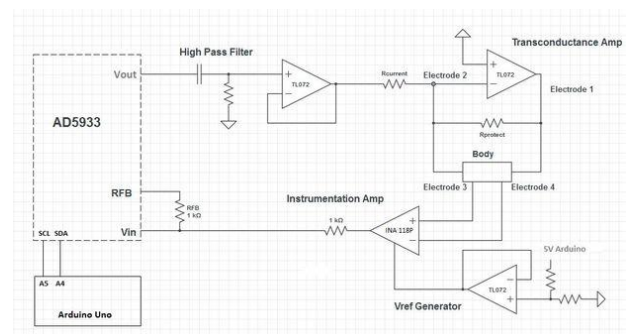


Рис. 3. Схема прибора для измерения биоимпеданса

Микросхема AD5933 представляє собою інтегральний преобразователь спектрального состава импеданса в широком диапазоне частот, в котором для каждой частоты вычисляются активная (R) и реактивная (X) составляющие импеданса Z , по которым затем вычисляются модуль импеданса и его фаза.

Заключение

В статье описано построение инновационного лабораторного практикума по курсу «Специальные методы и средства электрических измерений», разработанного в составе цикла магистерской подготовки студентов специальности 141 – «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» специализации «Инженерия умных электротехнических систем». Необходимость введения новой специализации и, соответственно, разработки нового курса, связана с бурным развитием нового технического и научного направления – «Интернет вещей». Интенсивно развиваются «умные» технологии, появившиеся на стыке информатики и традиционной электротехники. Типичным представителем таких технологий являются системы умного дома, в которых управление электротехническими устройствами осуществляется при помощи микропроцессорных устройств и современных средств передачи данных.

Новая специализация, открытая в ОНПУ, призвана заполнить намечающийся вакуум в специалистах, сочетающих в себе две, считающиеся совершенно оторванными друг от друга, направлениями – информационные технологии и электротехника.

Благодарности. Основой и движущей силой для создания новой специализации послужил международный ERASMUS+ проект ALIOT – “Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Applications”. Авторы выражают благодарность грантхолдеру проекта ALIOT – Newcastle University of Newcastle upon Tyne, UK в лице профессора Криса Филлипса (Chris Phillips), национальному координатору – Национальному аэрокосмическому университету «ХАИ» в лице профессора В. С. Харченко, а также Национальному ERASMUS+ офису в Украине за большую организационную и финансовую поддержку.

Список использованной литературы

1. Samaranayake, P. Implementing industry 4.0 – a technological readiness perspective / P. Samaranayake, K. Ramanathan, H.

Laosirihongthong // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). – Singapore, 2017. – С. 529–533. – doi: 10.1109/IEEM.2017.8289947

2. Colombo, A. W. Industrial Cyber Physical Systems: A Backbone of the Fourth Industrial Revolution / A. W. Colombo, S. Karnouskos, O. Kaynak, Y. Shi, S. Yin // IEEE Industrial Electronics. – № 1, 2017. – С. 6–16. – doi: 10.1109/MIE.2017.2648857

3. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти [Постанова КМУ від 29 квітня 2015 р. № 266] // Урядовий кур'єр. – 2015. – 10 червня. – С. 4.

4. Appleyard, D. Mind the gap: A bridge between industry and academia / D. Appleyard // Renewable Energy Focus. – № 1, 2017. – С. 6–16. – doi: 10.1016/j.ref.2017.02.001

5. Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Applications [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://aliof.eu.org/>

6. Understand Your Things [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://thingspeak.com/>

7. Цифровой датчик температуры Sensor-DS18B20 для Sonoff TH 10A и 16A от Itead [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino.ua/prod1942-cifrovoy-datchik-temperatury-sensor-ds18b20-dlya-sonoff-th-10a>

8. Датчик сердечного ритма [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino.ua/prod1513-datchik-serdechnogo-ritma-pulsesensor>

9. Акселерометр и гироскоп MPU-6050 модуль 6DOF [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino.ua/prod512-akselerometr-i-giroskop-mpu-6050-modul-6dof>

10. Wi-Fi module ESP8266 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino.ua/prod980-wifi-modul-esp8266>

11. Монитор сердечного ритма с помощью Arduino и платформы Thingspeak IoT [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://arduinoplus.ru/monitor-serdechnogo-ritma-arduino/#_2_ThingSpeak

12. Body Composition Using BIA [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.instruments.com/id/Body-Composition-using-BIA/>

13. Образцов, С. Прецизионный конвертер импеданса AD5933 [Текст] / С. Образцов, Ю. Троицкий // Современная электроника. – № 9, 2009. – С. 12–14

14. Тихомиров, А. М. Импеданс биологических тканей и его применение в медицине / А. М. Тихомиров [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/39126306-A-m>

tihomirov-impedans-biologicheskikh-tkaney-i-ego-primenenie-v-medicine.html

References

1. Samaranayake, P., Ramanathan, K., Laosirihongthong, T. (2017), "Implementing industry 4.0 – a technological readiness perspective", *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Singapore, pp. 529–533. doi: 10.1109/IEEM.2017.8289947
2. Colombo, A. W., Karnouskos, S., Kaynak, O., Shi, Y., Yin, S. (2017), "Industrial Cyber physical Systems: A Backbone of the Fourth Industrial Revolution", *IEEE Industrial Electronics*, No. 1, pp. 6–16, doi: 10.1109/MIE.2017.2648857
3. On Approval of the List of Fields of Knowledge and Specialties under which Higher Education Institutions are Prepared: acting on 2015-09-01 [Pro zatverdzhennya pereliku haluzey znan' i spetsial'nostey, za yakymy zdiysnyuyet'sya pidhotovka zdobuvachiv vyshoyi osvity: chynnyy z 2015-09-01], Kyiv
4. Appleyard, D. (2017), "Mind the gap: A bridge between industry and academia", *Renewable Energy Focus*, pp. 36–38, doi: 10.1016/j.ref.2017.02.001
5. "Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Applications.", available at: <http://aliot.eu.org/>
6. "Understand Your Things", available at: <https://thingspeak.com/>
7. "Digital temperature sensor." [Tsifrovoy datchik temperaturey], available at: <https://arduino.ua/prod1942-cifrovoy-datchik-temperatyri-sensor-ds18b20-dlya-sonoff-th-10a>
8. "Heart rate sensor" [Datchik serdechnogo ritma], available at: <https://arduino.ua/prod1513-datchik-serdechnogo-ritma-pulsesensor>
9. "Accelerometer and gyro MPU-6050" [Akselerometr i giroskop MPU-6050], available at: <https://arduino.ua/prod512-akselerometr-i-giroskop-mpu-6050-modyl-6dof>
10. "Wi-Fi module ESP8266", available at: <https://arduino.ua/prod980-wifi-modyl-esp8266>
11. "Heart rate monitor with Arduino and Thingspeak IoT platform", available at: https://arduinoplus.ru/monitor-serdechnogo-ritma-arduino/#_2_ThingSpeak
12. "Body Composition Using BIA", available at: <http://www.instructables.com/id/Body-Composition-using-BIA/>
13. Obratsov, S., Troitsky, J. (2009), "Precision impedance converter AD5933" [Pretsizionnyy konverter impedansa AD5933], *Modern electronics*, No. 9, pp. 12–15
14. Tikhomirov, A. M., "Impedance of biological tissues and its application in medicine" [Impedans biologicheskikh tkaney i yego primeneniye v meditsine], available at: <http://docplayer.ru/39126306-A-m-tihomirov-impedans-biologicheskikh-tkaney-i-ego-primenenie-v-medicine.html>

LABORATORY PRACTICE AT THE COURSE "SPECIAL METHODS AND MEANS OF ELECTRICAL MEASUREMENTS" IN THE CONTEXT OF ERASMUS + ALIOT PROJECT

**E. J. Maevskaya, O. O. Topuzanov, V. L. Biliaiev, S. N. Oginskaya, N. M. Leshchenko,
V. Ya. Yarmolovich**

Odessa National Polytechnic University

Abstract. *The article is devoted to the development of the innovative laboratory practice in the course "Special Methods and Means of Electrical Measurements" developed by the international ERASMUS + ALIOT project for the Master's Degree Program of Specialty 141 - "Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics", specialization "Engineering of Smart Electrical Systems". The need to open a new specialization, and accordingly, the development of a new course, is due to the fact that the system of training of electrician experts in Ukraine has recently ceased to meet the requirements of the industry. Today, the industry needs not only specialists with good scientific and practical training in the field of electric power industry. The fourth industrial revolution is the mass introduction into the production of cyber-physics systems. These systems consist of electrotechnical devices controlled by modern information technology, microprocessor systems and data transmission systems. The innovation of the developed course and the described laboratory workshop is to use when performing measurements of modern sensors and microprocessor systems based on "Arduino". The course construction corresponds to the curriculum of the leading universities in Europe and is implemented within the framework of the international ERASMUS + project. The laboratory workshop consists of five works, the main purpose of which is to teach students to perform electrical meas-*

measurements using microprocessor systems and to analyze the results of these measurements. During the practice, students independently collect the measurement scheme, study the characteristics of information registration devices, measure biometric and electrical quantities, process and analyze the results and perform their transmission and processing through an Internet server.

Keywords: IoT, Internet of things, electrical measurements, microprocessors, Arduino, sensors, bioimpedance, training course, laboratory stand.

**ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ
«СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ»
В КОНТЕКСТІ ERASMUS + ПРОЕКТУ «ALIOT»**

**О. Ю. Маєвська, О. О. Топузанов, В. Л. Бєляєв, С. М. Огинська, Н. М. Лещенко,
В. Я. Яромлович**

Одеський національний політехнічний університет

Анотація. В статті описано розроблений в рамках міжнародного ERASMUS+ проекту ALIOT інноваційний лабораторний практикум з курсу «Спеціальні методи і засоби електричних вимірювань» циклу магістерської підготовки студентів спеціальності 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Інженерія розумних електротехнічних систем». Необхідність відкриття нової спеціалізації, й відповідно, розробка нового курсу, викликана тим, що сформована за останні роки система підготовки фахівців-електриків в Україні вже перестає задовольняти вимогам індустрії. Сьогодні в промисловості потрібні не тільки фахівці, що мають хорошу наукову і практичну підготовку в галузі електроенергетики. Четверта індустріальна революція полягає в масовому впровадженні в виробництво кіберфізичних систем. Ці системи складаються з електротехнічних приладів, керування якими виконується за допомогою сучасних інформаційних технологій, мікропроцесорних систем та систем передачі даних. Інноваційність розробленого курсу й описаного лабораторного практикуму полягає в використанні при виконанні вимірювань сучасних датчиків і мікропроцесорних систем на базі «Arduino». Побудова курсу відповідає навчальним планам провідних університетів Європи й виконана в рамках міжнародного ERASMUS+ проекту. Лабораторний практикум складається із п'яти робіт, головною метою яких є навчити студентів виконувати електричних вимірювання із застосуванням мікропроцесорних систем і аналізувати результати цих вимірювань. В ході виконання практикуму студенти самостійно збирають вимірювальну схему, вивчають характеристики пристроїв реєстрації інформації, проводять вимірювання біометричних і електричних величин, обробляють і аналізують результати та виконують їх передачу й обробку через інтернет-сервер.

Ключові слова: IoT, інтернет речей, електричні вимірювання, мікропроцесори, Arduino, датчики, біоімпеданс, навчальний курс, лабораторний стенд.

Получено 15.02.2018



Маевская Елена Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина. E-mail: e.j.maevskaya@gmail.com тел. +38-048-705-84-85

Elena Maevskaya, Phd, Associate Professor, Department of theoretical foundations and general electrical engineering, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0001-6297-4255



Топузанов Александр Александрович, инженер кафедры теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина.

E-mail: alex.topuzanov@gmail.com, тел. +38-048-705-84-54

Oleksandr Topuzanov, engineer of the Department of theoretical foundations and general electrical engineering, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine. E-mail: alex.topuzanov@gmail.com, тел. +38-048-705-84-54

ORCID ID: 0000-0002-8555-9289



Беляев Владимир Леонидович, канд. техн. наук, доц.каф. Электроснабжения и энергетического менеджмента Одесск. нац. политехн. ун-та, пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Украина. E-mail: vlbel@ukr.net, тел. +38-067-496-61-37

Volodymyr L. Biliaiev, PhD., Associate professor of the Department of electric power supply and energy management, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0002-2915-4033



Огинская Светлана Николаевна, старший преподаватель кафедры теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина.

Тел. (048) 705-80-25

Svetlana Oginskaya, senior lecturer of the Department of Theoretical Foundations and General Electrical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0002-7542-8760



Лещенко Никита Михайлович, студент института электромеханики и энергоменеджмента Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина. E-mail: nik142008@yandex.ua

Leshchenko Nikita, student of the Institute of Electromechanics and Energy, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0003-3180-5234



Ярмолович Виктория Ярославовна, старший преподаватель кафедры теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета. Просп. Шевченко, 1, Одесса, Украина. E-mail: vyy0147@gmail.com, тел. (048) 705-80-25

Yarmolovich Viktoriya, senior lecturer of the Department of Theoretical Foundations and General Electrical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine.

ORCID ID: 0000-0002-0708-2972