

Определение вероятной степени сбоя процессов эвакуации вследствие отказа ресурсов осуществляется по дереву отказов с использованием логических операторов «и», «или», «исключающее или». Данные для элементов нижнего уровня дерева получают на основе анализа предыдущих ЧС

и экспертных оценок. На основе анализа процессов эвакуации выявлены узкие места – маршруты эвакуации. Оптимизацию маршрутов эвакуации предложено выполнять на основе методов транспортной логистики [15, 16].

#### Список литературы

1. Siebeneck, L.K., Cova, T.J. Spatial and temporal variation in evacuee risk perception throughout the evacuation and return-entry process // Risk Anal.: Off. Publ. Soc. Risk Anal. 32, 2012, 1468-1480.
2. Georgiadou, P.S., Papazoglou, I.A., Kiranoudis, C.T., Markatos, N.C. Modeling emergency evacuation for major hazard industrial sites. // Reliab. Eng. Syst. Safety 92, 2007, 1388-1402.
3. Kolen, B., Kok, M., Helsloot, I., and Maaskant, B. EvacuAid: a probabilistic model to determine the expected loss of life for different mass evacuation strategies during flood threats. // Risk Anal.: Off. Publ. Soc. Risk Anal, 2013.
4. Dombroski, M., Fischhoff, B., Fischbeck, P. Predicting emergency evacuation and sheltering behavior: a structured analytical approach. Risk Anal.: Off. Publ. Soc. Risk Anal. 26, 2006, 1675-1688.
5. Li, A.C., Nozick, L., Xu, N., Davidson, R. Shelter location and transportation planning under hurricane conditions. // Transport. Res. Part E: Logist. Transport. Rev. 48, 2012, 715-729.
6. Groenendaal, J., Helsloot, I., Scholtens, A. A critical examination of the assumptions regarding centralized coordination in large-scale emergency situations. // J. Hazard. Mater. 2013, 10.
7. Jonkman, S.N., Lentz, A., Vrijling, J.K. A general approach for the estimation of loss of life due to natural and technological disasters. // Reliab. Eng. Syst. Safety 95, 2010, 1123-1133.
8. Flaus, J.M. Modelisation de systemes organisationnels pour l'analyse des defaillances: Application au plan communal de sauvegarde. / In 8eme Conference Internationale de Modelisation et Simulation. Hammamet, Tunisie, 2010, p. 6.
9. Jain, S., McLean, C. A framework for modeling and simulation for emergency response / In: Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2003, pp. 1068-1076.
10. Massaguer, D., Balasubramanian, V., Mehrotra, S., Venkatasubramanian, N. Multi-agent simulation of disaster response / In: ATDM Workshop in AAMAS, 2006.
11. Georgiadou, P.S., Papazoglou, I.A., Kiranoudis, C.T., Markatos, N.C. Multi-objective evolutionary emergency response optimization for major accidents // J. Hazard. Mater. 178, 2010, 792-803.
12. Vaez, N., Nourai, F. RANDAP: An integrated framework for reliability analysis of detailed action plans of combined automatic-operator emergency response taking into account control room operator errors. // J. Loss Prevent. Process Indust. 26, 2013, 1366-1379.
13. Flaus, J.M. A modelling framework for model based risk analysis // In: ESREL. Troyes, France, 2011., pp. 1533-1540.
14. Feng Nan, Olga Shikulskaya, Timur Esmagambetov, Tian-Jiao Song, Li Zhang and Wen-Xin Zhu // Assessment Methods Analysis of Models Reliability of Emergency Response in Emergency Situations. 2017 International Conference on Energy, Power and Environmental Engineering (ICEPEE 2017). April 23-24, 2017, Shanghai, China. pp 36-39. ISBN: 978-1-60595-456-1
15. Шиккульская О.М., Есмагамбетов Т.У. Решение оптимизационных задач транспортной логистики с учетом состояния и загруженности дорог / Вестник МГСУ. 2015. № 12. С. 160-173.
16. D. P. Anufriev, O. M. Shikulskaya, T. U. Esmagambetov and M. I. Shikulskiy, "The optimization model of transport routes taking into account the state of roads and road traffic congestions," 2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Bali, Indonesia, 2016, pp. 1717-1721. doi: 10.1109/IEEM.2016.7798171

© Т. У. Есмагамбетов, О. М. Шиккульская

#### Ссылка для цитирования:

Есмагамбетов Т. У., Шиккульская О. М. Модель оценки эффективности решения задач управления процессами экстренного реагирования как системы с многими состояниями // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 3 (29). С. 108-114.

УДК 621.397:681.3.01(082)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО КУРСУ ДИСЦИПЛИН «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА» И «ФИЗИКА»

**В. П. Быкова**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

На основе учебно-методического комплекса, включающего 5 стендов, разработан лабораторный практикум с применением программы Delta Profi по курсу дисциплин «Электротехника» и «Физика», позволяющий выполнить 24 работы с элементами самостоятельного исследования. Математические расчеты измерений рекомендуется выполнять в Mathcad. Лабораторный практикум внедрен в учебный процесс вуза.

**Ключевые слова:** программно-технический комплекс, электротехника, лабораторный практикум, физика, расчеты в Mathcad.

### LABORATORY PRACTICUM PERFORMANCE IN ELECTRICAL ENGINEERING AND PHYSICS USING THE SOFTWARE AND HARDWARE PACKAGE

**V. P. Bykova**

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

On the basis of the educational and learning pack including 5 stands, a laboratory practicum in Electrical Engineering and Physics was designed with the use of the program DeltaProfi. It allows to perform 24 laboratory works with elements of independent re-

search. It is a good practice to perform measurement calculations in Mathcad. Laboratory practicum is a part of educational process of the University.

**Keywords:** software and hardware package, Electrical Engineering, laboratory practicum, Physics, calculations in Mathcad.

### Введение

Существует внушительное количество направлений подготовки как в высшей школе, так и в среднем профессиональном образовании фундаментальными общепрофессиональными дисциплинами которых являются электротехнические дисциплины. В результате освоения дисциплин должны сформироваться определенные компетенции, предполагающие знания, умения и навыки, которыми должен овладеть обучающийся. Они касаются расчета параметров электрических цепей, экспериментального исследования электрических схем с использованием приборов и компьютерных программ, подразумевающих моделирование электрических схем и работу с ними. Количество учебных аудиторных часов на процесс познания и изучения электротехнических дисциплин значительно уменьшилось, а требования, которые диктует нам общество неукоснительно растут. Выйти из этой ситуации можно только путем совершенствования методики преподавания электротехники и физики с использованием новых технологий в том числе и информационных, а также применения современного лабораторного оборудования. В данной статье нами изложены основные результаты разработки лабораторного практикума по курсу

дисциплин «Электротехника» и «Физика» с использованием учебно-методического и программно-технического комплексов.

### Актуальность темы

Изучение электрических схем с помощью учебно-методического комплекса, которые используются при проведении лабораторного практикума по дисциплине «Электротехника» и «Физика», намного упрощает их дальнейшее проведение на занятиях. Проведение лабораторного практикума, связано с наличием хорошего оборудования в лаборатории. Выполнение работ по стендам комплекса ЭК-4 (компьютеризированная версия) позволяет, в полной мере, использовать теоретический материал дисциплин и приобрести навыки работы со стендами.

### Работа с учебно-методическим комплексом

Учебно-методический комплекса состоит из следующих стендов:

1.«Электротехника и электроника» предназначенный для изучения электроизмерительных приборов, линейных и нелинейных электрических цепей, цепей переменного тока, трехфазных цепей при соединении потребителей по схеме «треугольник», «звезда» (рис. 1).

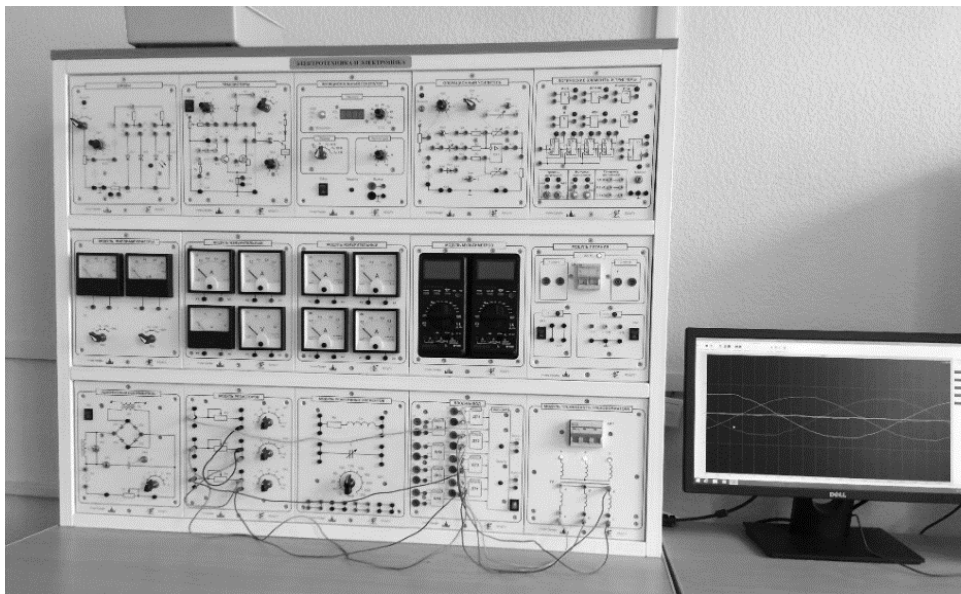


Рис. 1 Стенд «Электротехника и электроника»

2.«Электрические машины и электропривод» предназначенный для исследования генераторов постоянного тока, трансформатора, электрических двигателей (рис. 2).

3. «Электромашинный агрегат» на одном валу которого соединены три электрические

машины: асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, машина постоянного тока независимого возбуждения, импульсивный датчик скорости (рис. 3).

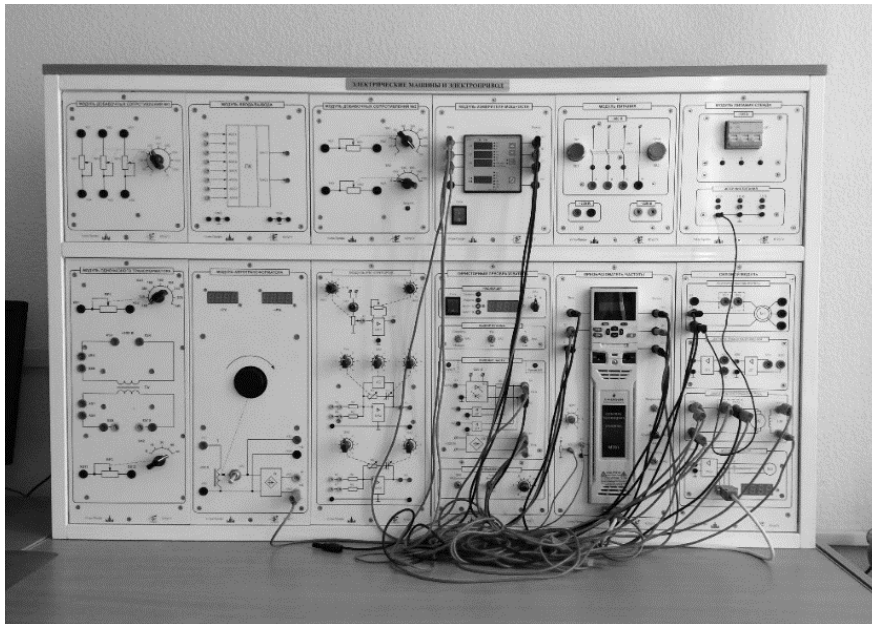


Рис. 2. Стенд «Электрические машины и электропривод»

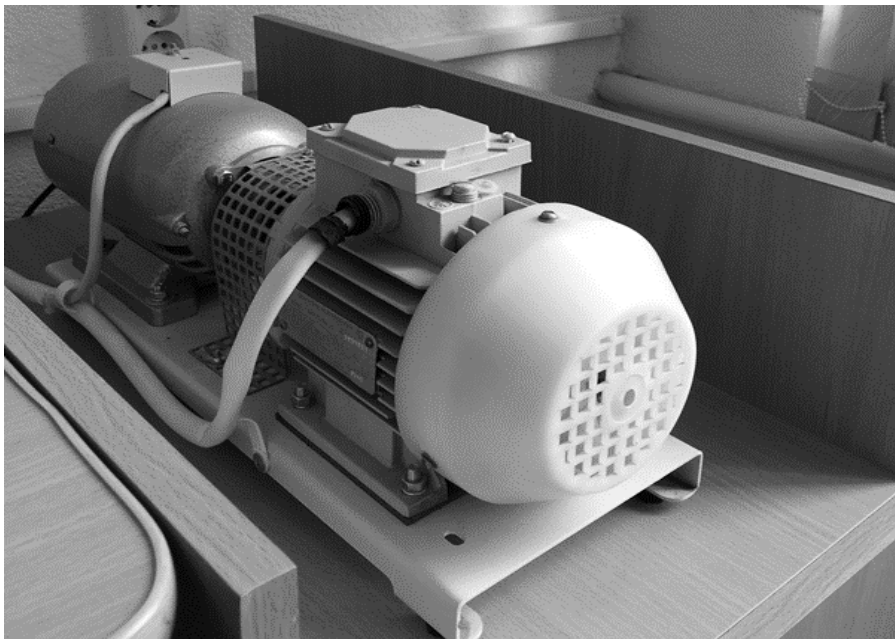


Рис. 3. Стенд «Электромашинный агрегат»

4. «Передача и качество электрической энергии» позволяет исследовать режимы работы линий электропередач с односторонним и двухсторонним питанием, исследовать факторы, влияющие на потери электрической энергии в распределительных сетях (рис. 4).

5. «Основы электробезопасности». На стенде можно проверить воздействия электромагнитных полей на организм человека с помощью специального устройства для исследования сопротивления тела человека, отработать принцип действия устройства защитного отключения, исследовать модель заземления с полусферическим электродом или защитного заземления (сомозаземления), а также модель замыкания на землю или зануления (рис. 5).

Практически все стенды подключены к программно-техническому комплексу, который предназначен для измерения изучаемых величин, отражения и обработки аналоговых сигналов. Интерфейс программы содержит главное меню для выполнения определенных функций. «Главное меню программы»:

- команда «Работы» содержит структурированное меню выбора лабораторной работы,
- команда «Выбор программы» – выбирается название работы,
- команда «Управление – пуск» загружает программу.

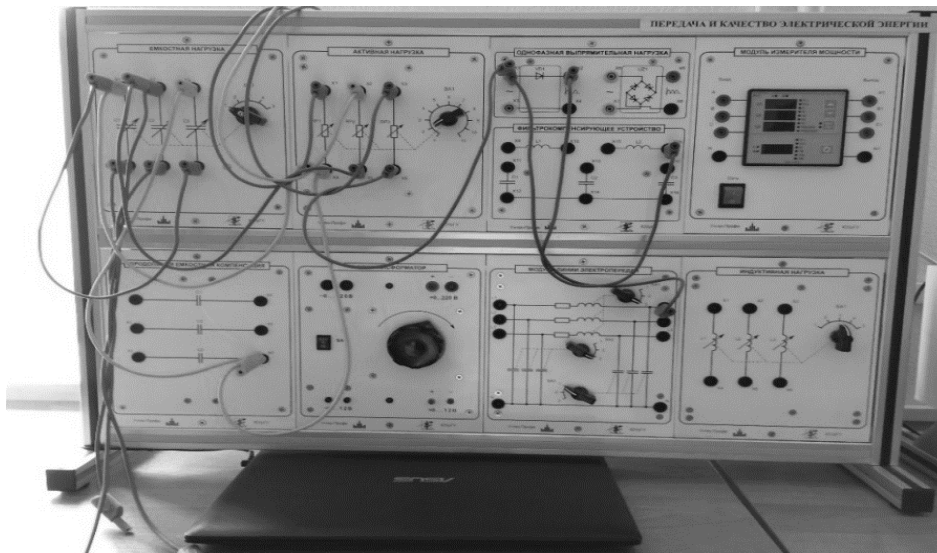


Рис. 4. Стенд «Передача и качество электрической энергии»

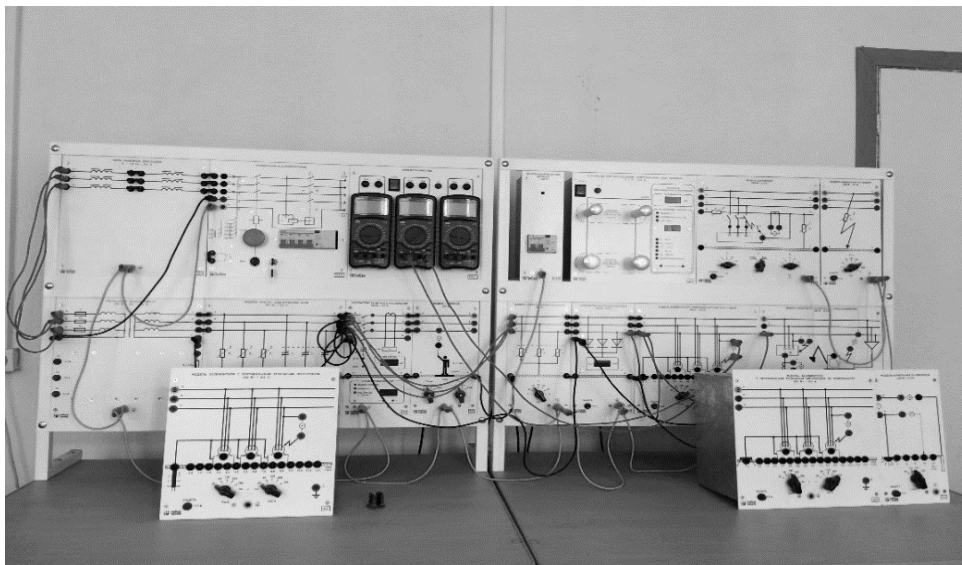


Рис. 5. Стенд «Основы электробезопасности»

На каждом графике может отображаться одновременно до 4 входных сигналов.

Универсальные лабораторные стенды позволяют выполнить 24 лабораторные работы по теории электрических цепей и основам электроники, электрический привод, электрические машины. Разрабатывая методические указания для выполнения лабораторного практикума, мы «прочувствовали» определенные достоинства комплекса. Это, прежде всего, его компактность и универсальность, что позволяет иметь всего несколько «кейсов» для лабораторий как электротехники, так и физики. На одном стенде можно выполнить от 6 до 9 лабораторных работ. Приборы встроены, и тем надежнее и проще в эксплуатации. Немаловажное значение имеет наглядность и компьютеризация многих лабораторных работ.

Методика проведения лабораторных работ на стендах ЭК-4 быстро была освоена как преподавателями кафедры, так и студентами.

Стенды находятся в эксплуатации 3 года. Нагрузка на них в течении учебного года огромная. Тем не менее они подтвердили свою надежность. Студенты выполняют лабораторные работы с большим удовольствием, что положительно сказывается на их практических занятиях.

#### **Содержание и структура лабораторного практикума по электротехнике и физике**

Учебное пособие по лабораторным работам содержит общие положения по технике безопасности, методические рекомендации к выполнению работ и требования к их оформлению. Лабораторный практикум содержит наиболее важные разделы электротехники и физики. В каждом разделе даны краткие теоретические сведения, необходимые для подготовки к лабораторной работе, контрольные вопросы и задачи для предварительного опроса и допуска к работе, описание изучаемых схем, лабораторные задания исследовательского ха-

рактера, домашнее расчетное задание. Теоретические расчеты параметров электрических цепей подразумевают использование программы Mathcad. При этом мы полагаем, что учащиеся знакомы с программой и даем лишь необходимые пояснения к расчетам. Как уже сказано, лабораторный практикум по электротехнике и физике содержит 24 лабораторные работы

По разделу «Электрические цепи» можно выполнить 8 работ [1]: «Электроизмерительные приборы и измерения», «Линейная и нелинейная электрические цепи постоянного тока», «Экспериментальное определение параметров элементов цепей переменного тока», «Электрическая цепь переменного тока с последовательным соединением элементов», «Электрическая цепь переменного тока с параллельным соединением элементов Повышение коэффициента мощности», «Трехфазная цепь при соединении потребителей по схеме «звезда»», «Трехфазная цепь при соединении потребителей по схеме «треугольник»», «Нелинейная цепь переменного тока».

Раздел «Основы электроники» позволяет обучающимся усвоить принцип работы полупроводниковых приборов, подробнее узнать электрофизические явления в полупроводниковых материалах. Нами разработано 9 работ [1]: «Полупроводниковые диоды», «Биполярный транзистор», «Полевой транзистор», «Однофазный выпрямитель», «Аналоговые электронные устройства на операционном усилителе», «Мультивибратор на операционном усилителе», «Логические элементы на интегральных микросхемах», «Триггеры и счетчики на интегральных микросхемах».

Стенды «Электрический привод» [2] и «Электрические машины» [3] предназначен для студентов, предметом изучения которых является электрический привод, работа асинхронного двигателя, двигателя постоянного тока, трансформатора. На стендах можно выполнить 15 работ. Студенты на практике смогут понять и изучить работы: электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения, асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, двигателя постоянного тока преобразователя частоты UNIDRIVE SP0401», однофазного двухобмоточного трансформатора», генераторов постоянного тока независимого и параллельного возбуждения и т.д.

Состав работ лабораторного практикума при полном его выполнении достаточен для подготовки специалистов и бакалавров обучающихся по направлениям: «Промышленное и гражданское строительство», «Строительство», «Пожарная безопасность», «Теплоэнергетика и теплотехника», «Прикладная геодезия», «Информационные системы и технологии в архитектуре и

строительстве» и др. Предлагаемые нами методические разработки для лабораторного практикума для студентов и групп «Мастер – класс» на базе учебно-методического комплекса по курсу дисциплин «Электротехника» и «Физика» могут быть использованы преподавателями общепрофессиональных дисциплин, мастерами производственного обучения при реализации учебной и вне учебной деятельности, выполняемой в рамках одного или нескольких учебных предметов (общая электротехника, физика, естествознание), работающих в образовательных учреждениях, реализующих программы среднего профессионального образования. В рамках выполнения лабораторных работ могут быть решены немаловажные сопутствующие задачи:

Образовательные:

- отработка принципиальных электрических схем устройств с помощью данных модулей; расчет погрешностей измерений, построение диаграмм;
- оценка и анализ электрических схем; подготовка научно-технических документов (отчетов, рефератов, материалов для тем исследования или докладов).

Развивающие:

- развивать умение наблюдать, видеть проблему, умение понять и сформулировать цель исследования, проводить самооценку и самоанализ и самооценку.

Воспитательные:

- привить ответственность при выполнении задач исследовательского характера, самостоятельность при выборе решений по проблеме поставленной задачи.

Для примера рассмотрим конкретную лабораторную работу «Трехфазная цепь при соединении по схеме «звезда»».

В пояснении к работе, то есть в теоретической части работы кратко объяснено почему трехфазная система переменного тока имеет преимущества по сравнению с постоянным током и однофазным переменным током. При соединении по схеме звезды все концы трех фазных обмоток источника энергии соединяются в общий узел  $O$  или  $N$ , такой же узел  $O'$  или  $n$  образует соединение трех фаз нагрузки, а три обратных провода фаз системы объединяются в один общий провод. Узел, который образуют обмотки фаз источника или фазы нагрузки, называются нулевой точкой или нейтралью. Такая система соединения обмоток трехфазного генератора или трансформатора и приемников (потребителей) называется «звездой» (рис.6)

Если трехфазная система имеет четыре провода: три линейных, по которым протекают линейные токи (токи в линейных проводах) и

один нулевой (нейтральный) провод, предназначенный для поддержания одинаковых значений фазных напряжений на всех трех фазах потребителя ( $I_A, I_B, I_C$  и  $I_0$ ), то цепь называется четырехпроводной. При соедине-

нии в звезду, ток протекаемый по фазе источника питания, равен току, протекаемому по линейному проводу, например, фазы А. Этот же ток протекает и по фазе А потребителя.

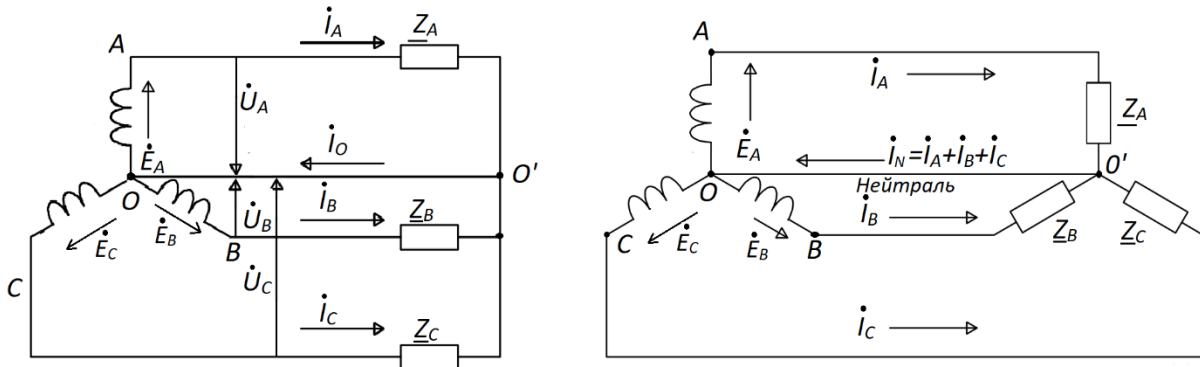


Рис. 6. Схема системы соединения «звезда»

Следовательно, при соединении в звезду фазный ток равен линейному  $I_\Phi = I_L$ . Согласно первому закону Кирхгофа, по объединенному общему обратному проводу будет проходить ток, равный алгебраической сумме мгновенных значений токов трех фаз системы:  $i_0 = i_A + i_B + i_C$  или комплексные значения токов  $I_N = I_A + I_B + I_C$ .

Потребитель с одинаковыми сопротивлениями всех трех фаз  $Z_A = Z_B = Z_C = Z_\Phi$  называется симметричным.

То есть, если все фазы системы нагружены одинаково, то

$$i_A = I_m \sin \omega t; \quad i_B = I_m \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right); \quad i_C = I_m \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

и, следовательно,

$$i_0 = I_m \left[ \sin \omega t + \sin \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \sin \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \right] = 0$$

$$I_m \left( \sin \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \right) = 0$$

т.е. ток в общем проводе будет равен нулю, поэтому общий провод называется нулевым или нейтральным проводом. При одинаковой нагрузке не только сила тока во всех фазах одинаков, но и одинаковы сдвиги фаз между соответствующими напряжениями и токами. Для заведомо симметричной нагрузки нулевой провод не нужен и не прокладывается. В трехфазной системе комплексные напряжения

$U_A, U_B, U_C$  между выводами каждой фазы обмоток источника или каждой фазы потребителя называются фазными напряжениями.

Для линейных напряжений получаем

$$\begin{cases} \dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B \\ \dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C \\ \dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A \end{cases}$$

Линейные напряжения при соединении звездой являются векторной разностью соответствующих фазных напряжений, так как по отношению к элементу, включенному между линейными проводами, они имеют противоположное направление (рис. 7)

В основе диаграммы лежат три вектора фазных напряжений  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ , углы между которыми равны  $120^\circ$ . По отношению к каждому из этих напряжений вектор соответствующего фазного тока построен сдвинутым на угол  $\phi$ .

Величина, угла  $\phi$  зависит от характера нагрузки фазы и определяется по законам цепи

переменного тока:  $\phi = \arctg \frac{x}{r}$ .

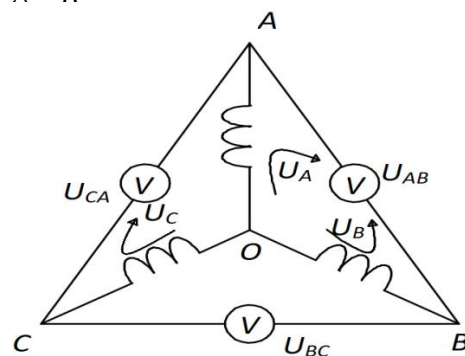


Рис. 7. Линейное напряжение как векторная разность фазных напряжений

Чтобы построить вектор линейного напряжения  $\dot{U}_{AB}$ , нужно из вектора  $\dot{U}_A$  вычесть вектор  $\dot{U}_B$ , т. е. прибавить к  $\dot{U}_A$  вектор ( $-\dot{U}_B$ ), равный вектору  $\dot{U}_B$ , но противоположный ему по направлению. Аналогичным способом строятся и остальные два вектора линейных напряжений. Трехфазная система, как правило, является симметричной. Векторы линейных и фазных напряжений образуют при этом

три равнобедренных треугольника с углами по  $30^\circ$  при основании (рис.8). Опуская перпендикуляр из вершины тупого угла одного из этих треугольников напряжений на противоположную сторону, найдем связь между действующими значениями линейных и фазных напряжений  $U_L = 2U_\Phi \cos 30^\circ$  и, следовательно,  $U_L = \sqrt{3}U_\Phi$

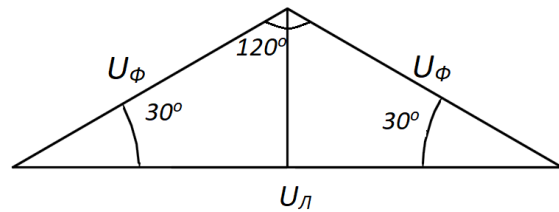
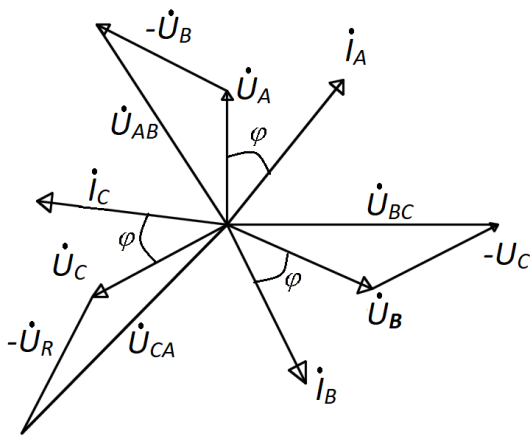


Рис. 8. Векторная диаграмма связи линейных и фазных напряжений при соединении «звезда»

При несимметричной нагрузке потребителей токи каждой фазы отличаются друг от друга начальной фазой и величиной. По нейтральному проводу при этом протекает ток. Согласно первому закону Кирхгофа он равен геометрической сумме векторов фазных токов  $I_N = I_A + I_B + I_C$ . Обрыв нейтрального провода приводит к изменению напряжений на всех фазах потребителей и появлению напряжения смещения нейтрали  $U_{nN}$ . Положение точки «n» на векторной диаграмме при измеренных значениях напряжений на фазах потребителей  $U_{An}$ ,  $U_{Bn}$  и  $U_{Cn}$  может быть определено методом засечек (рис. 9) или рассчитано аналитически [1].

В порядке выполнения работы студенту необходимо ознакомиться с лабораторной установкой [1], включающей компьютер, модули ввода, трехфазного трансформатора, резисторов и, согласно схеме, собрать электрическую цепь на стенде. «Электротехника и электроника» (рис.6) и (рис. 10).

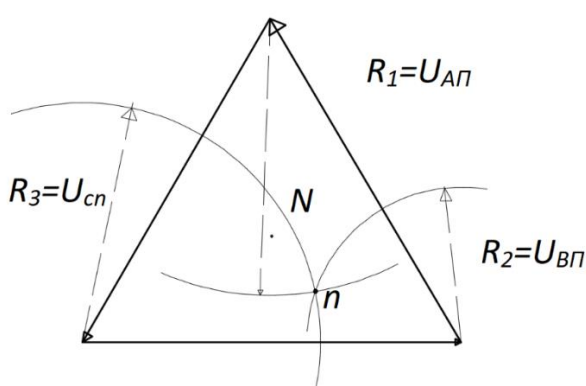


Рис. 9. Обрыв нейтрального провода

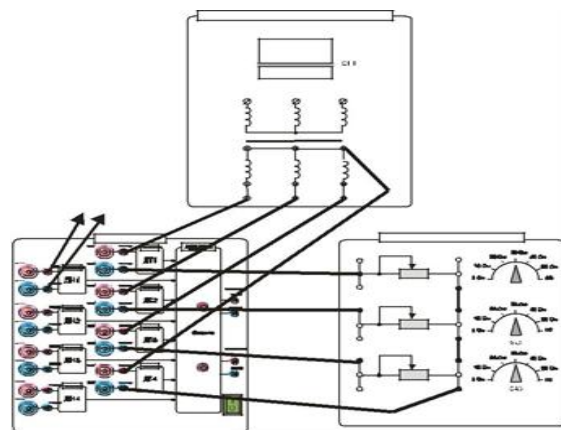


Рис. 10. Электрическая цепь

Далее запускается компьютерная программа Delta Profi, включаются все модули, студент снимает с монитора компьютера показания и заносит их в соответствующие таблицы:

1. Линейные и фазные напряжения в режиме холостого хода трехфазного генератора

Переключатели значений сопротивлений резисторов установлены в позицию «∞» (табл. 1).

Таблица 1  
Линейные и фазные напряжения в режиме холостого хода

Линейные напряжения			Фазные напряжения		
UAB, В	UBC, В	UCA, В	UA, В	UB, В	UC, В
24,9	24,8	25,0	15,0	14,5	14,9

2. Токи, фазные напряжения на потребителях  $U_{АП}, U_{ВП}, U_{СП}$  в режиме нейтральный провод включен, нагрузка симметричная и несимметричная (табл. 2).

3. Токи, фазные напряжения на потребителях  $U_{АП}, U_{ВП}, U_{СП}$  в режиме нейтральный провод выключен, нагрузка симметричная и несимметричная (табл. 2).

Таблица 2

Токи нагрузки и фазные напряжения при различных режимах

Режим нагрузки	Ток нагрузки, А				Фазные напряжения на потребителях, В		
	Ia	Ib	Ic	In	Uan	Ubn	Ucn
Нейтральный провод <i>включен</i> , нагрузка симметричная, R1 = 30 Ом, R2= 30 Ом, R3= 30 Ом	0,47	0,47	0,46	0,03	14,0	14,0	14,0
Нейтральный провод <i>выключен</i> , нагрузка симметричная, R1 = 30 Ом, R2= 30 Ом, R3= 30 Ом	0,47	0,46	0,46	0,00	14,0	13,6	14,1
Нейтральный провод <i>включен</i> , нагрузка несимметричная, R1 = 40 Ом, R2= 50 Ом, R3= 20 Ом	0,36	0,28	0,67	0,35	14,2	14,0	13,6
Нейтральный провод <i>выключен</i> , нагрузка симметричная, R1 = 40 Ом, R2= 50 Ом, R3= 20 Ом	0,40	0,34	0,49	0,00	14,1	14,0	14,0

4. Программа компьютера Delta Profi останавливается, выбирается вкладка «Осциллограммы». Студент зарисовывает осциллограммы токов, например, при симметричной нагрузке (рис. 11).

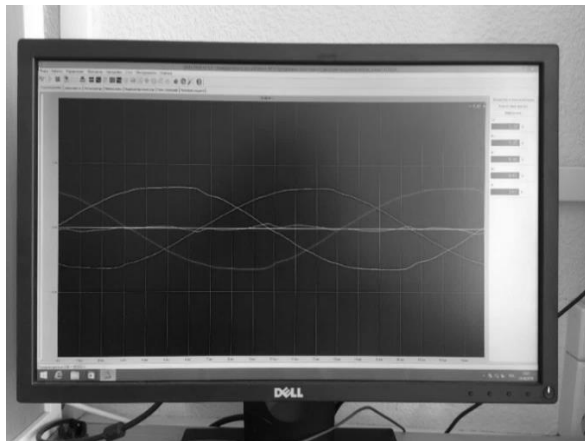


Рис. 11. Осциллограммы токов при симметричной нагрузке

В отчете работы студент должен предоставить расчеты, диаграммы напряжений трехфазного источника питания и ответы на контрольные вопросы. В лабораторной работе выделены задания для самостоятельной работы обучаемого, некоторые из которых носят исследовательский характер. Такие задания развивают познавательные, самостоятельные и творческие навыки у студентов:

Примеры заданий.

*Задание № 1.* Определить междузловое напряжения ( $U_{nN}$ ) для всех режимов нагрузки (рис. 10).

*Задание №2.* Определить напряжение смещения нейтрали ( $U_{nN}$ ), если нагрузка несимметричная и нейтральный провод выключен (рис. 10).

*Задание №3.* При каком режиме работы электрической цепи (согласно таблице 2) продемонстрирован «обрыв нейтрального провода» и какое теоретическое обоснование можно дать этому понятию?

*Задание №4.*

Дан трехфазный приемник, соединенный звездой, подключен к источнику с малым линейным напряжением 28 В (рис.12). Сопротивления фаз приемника  $\dot{Z} = 50 \cdot e^{j53^\circ}$  Ом.

1. Определить фазные напряжения и токи приемника при обрыве фазы А Сравнить расчеты с данными таблицы 2. Объяснить. Построить векторные диаграммы напряжений и токов.

2. Определить фазные напряжения и токи приемника при коротком замыкании фазы А. Объяснить. Построить векторные диаграммы напряжений и токов.



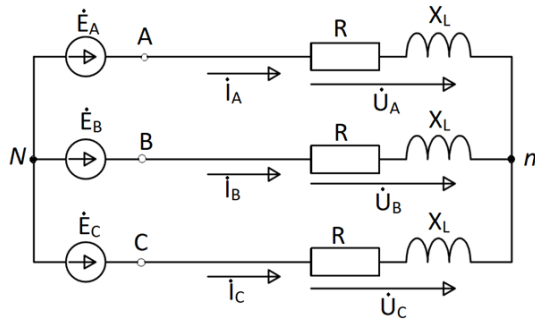


Рис. 12. Трехфазный приемник, соединенный звездой с одинаковыми сопротивлениями фаз приемника

Решение.

1. При обрыве фазы А фазные напряжения

$$U_B = U_C = \frac{U}{2} = 14B; \quad U_{An} = \frac{\sqrt{3}U}{2} = 12,11B$$

Токи приемника

$$\dot{I}_a = 0, \quad \dot{I}_b = -\dot{I}_c$$

$$I_b = I_c = \frac{U}{2Z} = \frac{28}{100} = 0,28A$$

где  $Z = R + jX = 30 + j40 = 50e^{j53^\circ}, Z = 50\Omega$

Согласно данным таблицы 2 :

$$I_b = I_c = \frac{U}{2R} = \frac{28}{60} = 0,467A$$

Масштаб векторной диаграммы (рис. 13)

$$m_U = 7B/см, \quad m_I = 0,2A/см.$$

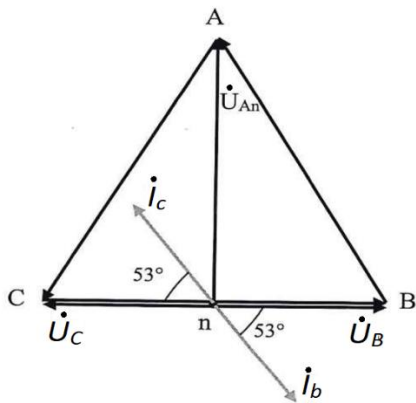


Рис. 13. Векторная диаграмма при обрыве фазы А

2. При коротком замыкании фазы А Фазные напряжения

$$U_A = 0, \quad U_B = U_C = U_\Delta = 28B$$

$$\dot{U}_B = -\dot{U}_{AB}; \quad \dot{U}_C = \dot{U}_{CA}$$

Токи приемника

$$I_b = I_c = \frac{U}{Z} = \frac{28}{50} = 0,56A$$

где  $Z = R + jX = 30 + j40 = 50e^{j53^\circ}, Z = 50\Omega$

$-\dot{I}_a = \dot{I}_b + \dot{I}_c; \quad I_a = 0,9688A$  (расчеты выполнены в Mathcad)

Масштаб векторной диаграммы (рис. 14)

$$m_U = 6,2B/см, \quad m_I = 0,14A/см$$

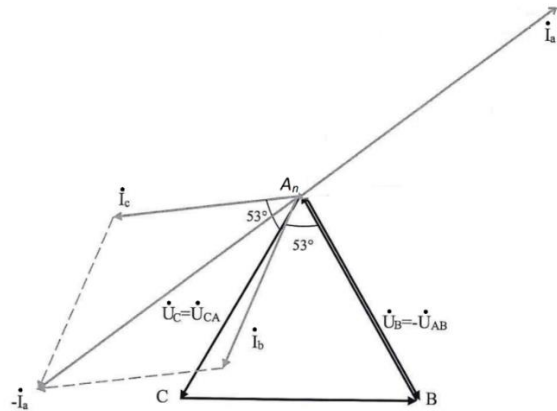


Рис. 14. Векторная диаграмма при коротком замыкании фазы А

### Заключение

Разработанный лабораторный практикум с заданиями исследовательского характера, с применением компьютерных технологий способствует развитию познавательных способностей студентов, приучает их к самостоятельности, развивает творческий подход к решению поставленных задач, что безусловно, пригодится в дальнейшей их профессиональной деятельности. Данный практикум можно использовать в дистанционном обучении, при повышении квалификации слушателей отраслевых учебных центров инженернотехнических работников.

### Список литературы

1. Бородянка В.Н. Электрические цепи и основы электроники: Методические указания к проведению лабораторных работ на стенде Э4 (компьютеризированная версия). - Челябинск: Учтех-Профи, 2016, - 97 с.
2. Бычков А.Е., Гончаров И.Г., Качалов А.В. Электрический привод: Методические указания к проведению лабораторных работ. Челябинск: Учтех-Профи, 2014. 74 с.
3. Бычков А.Е., Гончаров И.Г., Качалов А.В. Электрические машины: Методические указания к проведению лабораторных работ. Челябинск: Учтех-Профи, 2015. 64 с.

© В. П. Быкова

### Ссылка для цитирования:

Быкова В. П. Использование программно-технического комплекса при выполнении лабораторного практикума по курсу дисциплин «Электротехника» и «Физика» // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 3 (29). С. 114-122.