

НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-130-140
УДК 621.3(076.5); 621.38(076.5)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

В. П. Быкова

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

На основе учебно-методического комплекса «Электротехника», включающего пять стендов, разработан лабораторный практикум по курсу дисциплин «Электротехника» и «Физика», позволяющий выполнить двадцать четыре работы с элементами самостоятельного исследования. Подробно описаны и проиллюстрированы стенды учебно-методического комплекса: «Электротехника и электроника», «Электрические машины и электропривод», «Электромашинный агрегат», «Электрическая энергия. Её передача и качество», «Основы электробезопасности». Большая часть стендов подключена к программно-техническому комплексу, предназначенному для измерений изучаемых величин, отражения и обработки аналоговых сигналов. Отмечены компактность и универсальность учебно-методического комплекса «Электротехника»; на одном стенде возможно выполнить 6–9 лабораторных работ по электротехнике и физике. Математические расчёты измерений рекомендуется выполнять в системе компьютерной алгебры Mathcad. Рассматривается составленное по лабораторным работам учебное пособие, которое содержит общие положения по технике безопасности, методические рекомендации к выполнению заданий, требования к их оформлению. Перечислены достоинства разработанных работ лабораторного практикума, проанализированы образовательные, развивающие, воспитательные задачи, решаемые в процессе занятий. Для примера приводится конкретная лабораторная работа «Трёхфазная цепь при соединении по схеме «звезда». Представлена схема системы соединения «звезда», построена векторная диаграмма связи линейных и фазных напряжений при соединении «звезда». Проиллюстрированы осциллограммы токов при симметричной нагрузке. Отмечено, что задания для самостоятельного выполнения носят исследовательский характер, развивают познавательные, самостоятельные и творческие навыки у учащихся. Предлагаемые методические разработки рекомендованы для специалистов и бакалавров таких направлений, как «Судовые и энергетические установки», «Кораблестроение», «Теплоэнергетика и теплотехника» и др., и могут быть использованы преподавателями общепрофессиональных дисциплин.

Ключевые слова: учебно-методический комплекс, электротехника, лабораторный практикум, расчёты в Mathcad, линейные и фазные напряжения, векторная диаграмма напряжений и токов.

Для цитирования: Быкова В. П. Использование учебно-методического комплекса «Электротехника» // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 130–140. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-130-140.

Введение

Некоторые направления подготовки в высшей школе и в среднем профессиональном образовании предполагают освоение таких дисциплин, как «Электротехника» и «Физика». В результате освоения дисциплин у обучаемого должны сформироваться определённые компетенции, предполагающие работу экспериментального исследования электрических схем с использованием приборов и компьютерных программ, подразумевающих моделирование электрических схем и работу с ними. Совершенствование методики преподавания электротехники и физики с использованием новых технологий, в том числе и информационных, а также применением современного

лабораторного оборудования может компенсировать нехватку количества учебных часов на процесс познания и изучения этих дисциплин. В настоящей работе изложены результаты разработки лабораторного практикума по курсу дисциплин «Электротехника» и «Физика».

Изучение с помощью учебно-методического комплекса электрических схем, которые используются при проведении лабораторных работ по дисциплинам «Электротехника» и «Физика», намного упрощает дальнейшие занятия. Проведение лабораторного практикума связано с наличием хорошего оборудования в лаборатории. Выполнение работ по стендам комплекса позволяет в полной мере использовать теоретический материал дисциплин и приобрести навыки работы со стендами.

Работа с учебно-методическим комплексом

Учебно-методический комплекс «Электротехника» состоит из нескольких стендов. Рассмотрим подробно каждый из них.

1. Стенд «Электротехника и электроника» предназначен для изучения электроизмерительных приборов, электрических цепей переменного тока, трёхфазных цепей при соединении трансформаторов и потребителей по схеме соединения «звезда» или «треугольник» (рис. 1).

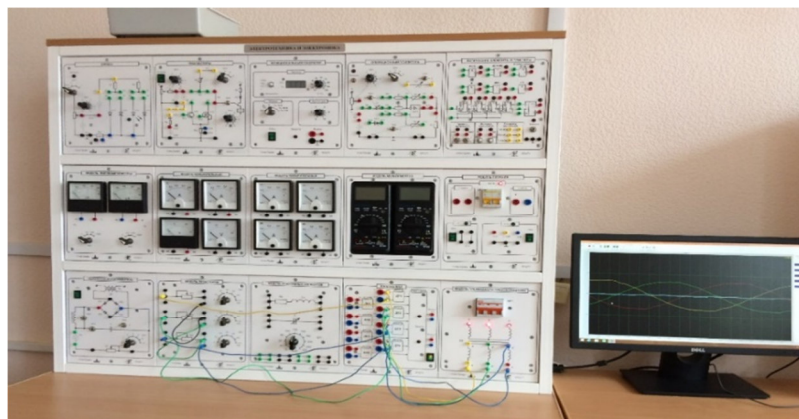


Рис. 1. Стенд «Электротехника и электроника»

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

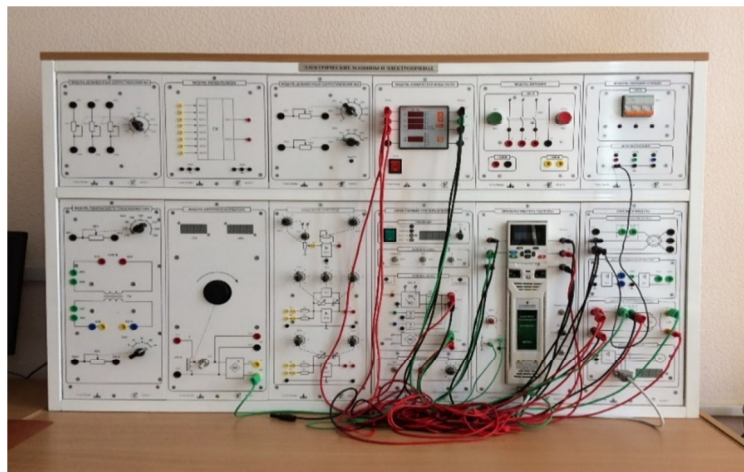


Рис. 2. Стенд «Электрические машины и электропривод»

3. Стенд «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).

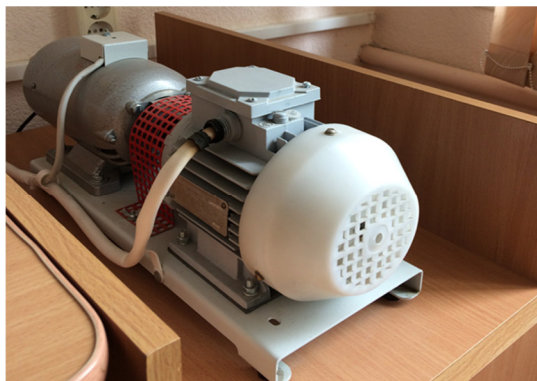


Рис. 3. Стенд «Электромашинный агрегат»

4. Стенд «Электрическая энергия. Её передача и качество» предоставляет возможность проанализировать, от чего зависит качество передаваемой электрической энергии, выяснить, какие факторы влияют на потерю энергии в сетях (рис. 4).

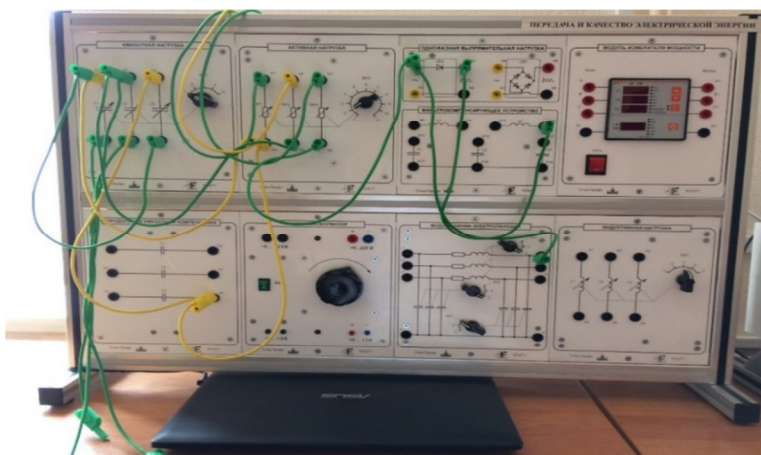


Рис. 4. Стенд «Электрическая энергия. Её передача и качество»

5. Стенд «Основы электробезопасности». На стенде (рис. 5) 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, а также модель зануления.

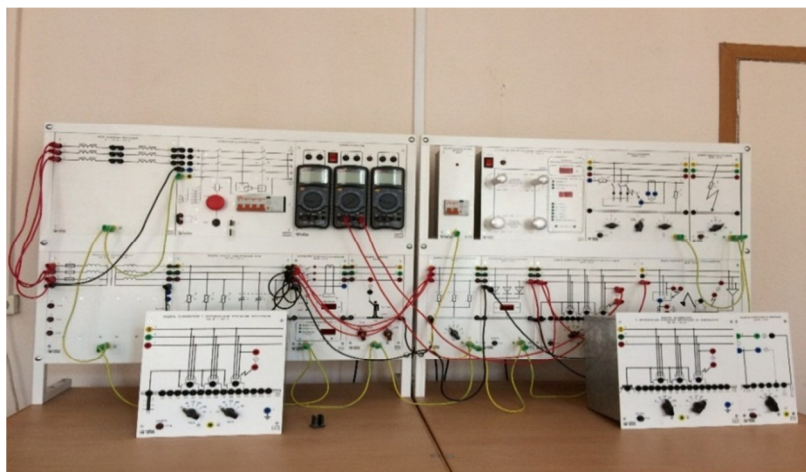


Рис. 5. Стенд «Основы электробезопасности»

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 определённых функций. «Главное меню программы»:

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

На каждом графике может отображаться одновременно до четырёх входных сигналов.

Универсальные лабораторные стенды позволяют выполнить 24 работы по теории электрических цепей и основам электроники, электрического привода, электрических машин. Разрабатывая методические указания для выполнения лабораторного практикума, мы предвидели определённые достоинства комплекса: это, прежде всего, его компактность и универсальность, которые позволяют 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 надёжнее и проще в эксплуатации. Немаловажное значение имеет наглядность и компьютеризация многих лабораторных работ.

Принцип лабораторных работ на стендах быстро был освоен студентами. Нагрузка на стенды в течение учебного года огромная, тем не менее они подтвердили свою надёжность. Студенты выполняют лабораторные работы с большим удовольствием, что положительно сказывается на их практических занятиях.

Составленное нами 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. Теоретические расчёты параметров электрических цепей подразумевают использование программы Mathcad.

По разделу «Электрические цепи» можно выполнить 8 работ [1]. Работы посвящены знакомству со стрелочными и цифровыми электроизмерительными приборами, линейными и нелинейными цепями постоянного и переменного тока, а также трёхфазным цепям при соединении потребителей по схеме «звезда» или «треугольник».

Раздел «Основы электроники» позволяет обучающимся усвоить принцип работы полупроводниковых приборов, подробнее узнать электрофизические явления в полупроводниковых материалах. Нами подготовлено восемь 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».

Предметами изучения стендов «Электрический привод» [2] и «Электрические машины» [3], предназначенных для студентов, является электрический привод, работа асинхронного двигателя, двигателя постоянного тока, трансформатора. На стендах можно выполнить 15 работ. Студенты на практике смогут понять и изучить принцип работы электродвигателя и генератора постоянного тока, асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, преобразователя частоты UNIDRIVE SP0401, однофазного двухобмоточного трансформатора.

Состав работ лабораторного практикума при полном его выполнении позволит дать неплохую подготовку (по данным дисциплинам) специалистов и бакалавров, обучающихся по направлениям: «Судовые и энергетические установки», «Кораблестроение», «Теплоэнергетика и теплотехника» 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 внеучебной деятельности. В рамках выполнения лабораторных работ могут быть решены немаловажные сопутствующие задачи.

Образовательные задачи:

- отработка принципиальных электрических схем устройств с помощью данных модулей;
- расчёт погрешностей измерений, построение диаграмм;

- оценка и анализ электрических схем;
- подготовка рефератов или докладов, материалов для исследования.

Развивающие задачи: развивать умения понять и сформулировать цель исследования.

Воспитательная задача: самостоятельность при выполнении заданий исследовательского характера.

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

В пояснении к работе, т. е. в теоретической части работы, приводится краткое объяснение, почему трёхфазная система переменного тока имеет преимущества по сравнению с постоянным током и однофазным переменным током. При соединении по схеме «звезда» концы всех трёх фаз обмоток источника энергии соединяются в общий узел O или N , такой же узел O' или n образует соединение трёх фаз нагрузки, а три обратных провода фаз системы объединяются в один общий провод. Узел, который образуют обмотки фаз источника или фазы нагрузки, называется нулевой точкой, или нейтралью. Данная система соединения обмоток трёхфазного генератора или трансформатора и потребителей называется «звездой».

Если трёхфазная система имеет четыре провода: три линейных, по которым протекают линейные токи, и один нулевой ($\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ и \dot{I}_0), то цепь называется четырёхпроводной. При соединении в звезду ток, протекаемый по фазе источника питания, равен току, протекаемому по линейному проводу.

Следовательно, при соединении в звезду фазный ток равен линейному ($I_\Phi = I_L$). Согласно первому закону Кирхгофа, по объединённому общему обратному проводу будет проходить ток, равный алгебраической сумме мгновенных значений токов трёх фаз системы ($i_0 = i_A + i_B + i_C$) или комплексных значений токов ($\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$) (рис. 6).

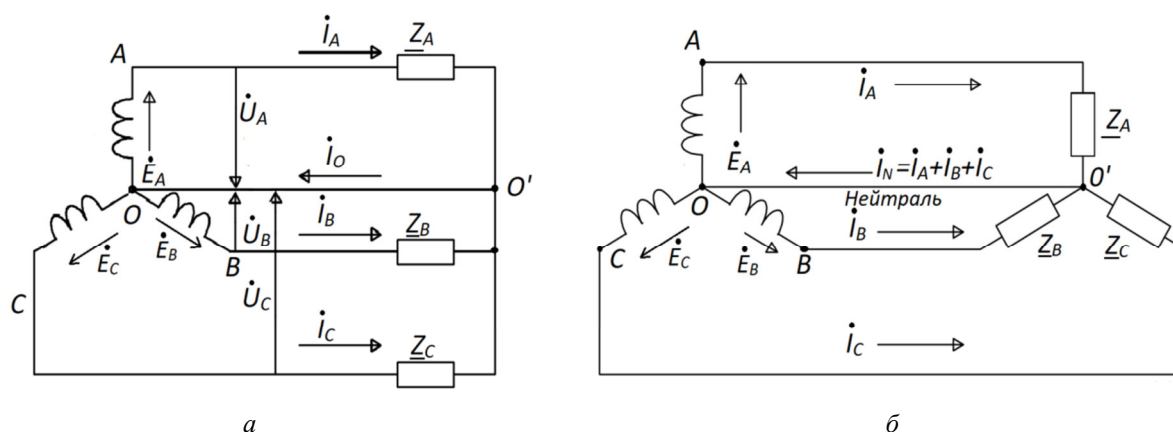


Рис. 6. Схема системы соединения: а – «звезда»; б – «звезда» с выделением нейтрального провода

Потребитель, у которого во всех трёх фазах комплексы сопротивлений одинаковые ($\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Z}_\Phi$), называется симметричным. Если все фазы системы нагружены одинаково, то $i_A = I_m \sin \omega t$; $i_B = I_m \sin (\omega t - \frac{2\pi}{3})$; $i_C = I_m \sin (\omega t - \frac{4\pi}{3})$ и, следовательно,

$$\begin{aligned}
 i_0 &= I_m [\sin \omega t + \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})] = \\
 &= I_m (\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t) = 0.
 \end{aligned}$$

То есть 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 одинакова, одинаковы и сдвиги фаз между соответствующими напряжениями и токами. Для заведомо симметричной нагрузки нулевой провод не нужен и не прокладывается. В трёхфазной

системе комплексные напряжения $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ между выводами каждой фазы обмоток источника или каждой фазы потребителя называются фазными напряжениями.

Для линейных напряжений получаем

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

Комплексы линейных напряжений при соединении звездой равны разности соответствующих комплексов фазных напряжений (рис. 7).

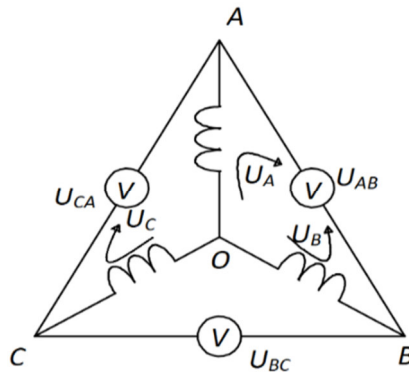


Рис. 7. Линейное напряжение как векторная разность фазных напряжений

В основе диаграммы лежат три вектора фазных напряжений $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$, углы между которыми равны 120° . Векторы фазных токов строим сдвинутыми на угол ϕ относительно соответствующих векторов напряжений. Величина угла ϕ зависит от характера нагрузки фазы и определяется по законам цепи переменного тока: $\phi = \arctg \frac{x}{r}$.

При построении вектора 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. Аналогично строим векторы линейных напряжений \dot{U}_{BC} и \dot{U}_{CA} . Трёхфазная система, как правило, является симметричной. Векторы линейных и фазных напряжений образуют при этом три равнобедренных треугольника с углами по 30° при основании. Опуская перпендикуляр из вершины тупого угла одного из этих треугольников напряжений на противоположную сторону, найдём связь между действующими значениями линейных и фазных напряжений: $U_{\text{л}} = 2U_{\text{ф}} \cos 30^\circ$ и, следовательно, $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$ (рис. 8).

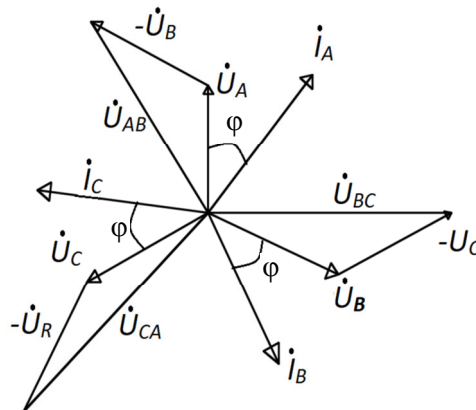


Рис. 8. Векторная диаграмма связи линейных и фазных напряжений при соединении «звезда»

При несимметричной нагрузке потребителей токи каждой фазы не равны. Ток в нейтральном проводе отличен от нуля и равен геометрической сумме векторов фазных токов ($\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$) по первому закону Кирхгофа. Если происходит обрыв нейтрального провода, то напряжения на всех фазах потребителей изменяются, что приводит к 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].

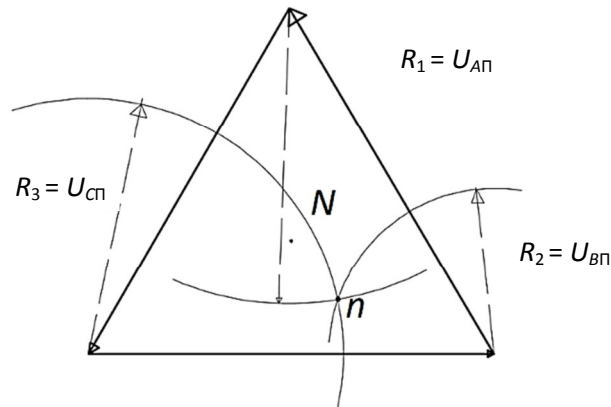


Рис. 9. Диаграмма обрыва нейтрального провода

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

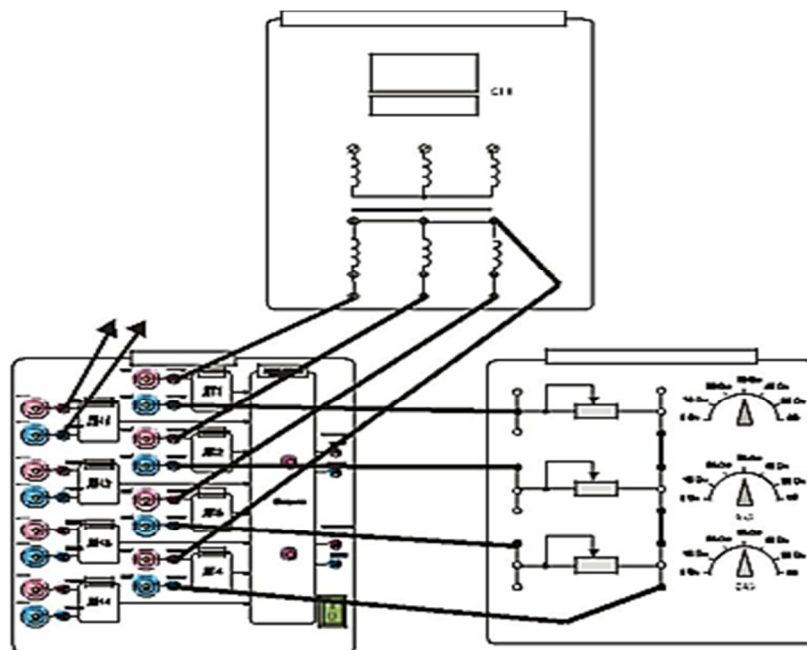


Рис. 10. Электрическая цепь

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 трёхфазного генератора. Переключатели значений сопротивлений резисторов установлены в позицию ∞ (табл. 1).

Таблица 1

Линейные и фазные напряжения в режиме холостого хода

Линейные напряжения			Фазные напряжения		
$U_{AB}, \text{В}$	$U_{BC}, \text{В}$	$U_{CA}, \text{В}$	$U_A, \text{В}$	$U_B, \text{В}$	$U_C, \text{В}$
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).

Таблица 2

Токи нагрузки и фазные напряжения при различных режимах

Режим нагрузки	Ток нагрузки, А				Фазные напряжения на потребителях, В		
	I_a	I_b	I_c	I_n	U_{an}	U_{bn}	U_{cn}
Нейтральный провод <i>включен</i> , нагрузка симметричная, $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$	0,47	0,47	0,46	0,03	14,0	14,0	14,0
Нейтральный провод <i>выключен</i> , нагрузка симметричная, $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$	0,47	0,46	0,46	0,00	14,0	13,6	14,1
Нейтральный провод <i>включен</i> , нагрузка несимметричная, $R_1 = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$	0,36	0,28	0,67	0,35	14,2	14,0	13,6
Нейтральный провод <i>выключен</i> , нагрузка симметричная, $R_1 = 40 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \text{ Ом}$, $R_3 = 20 \text{ Ом}$	0,40	0,34	0,49	0,00	14,1	14,0	14,0

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

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

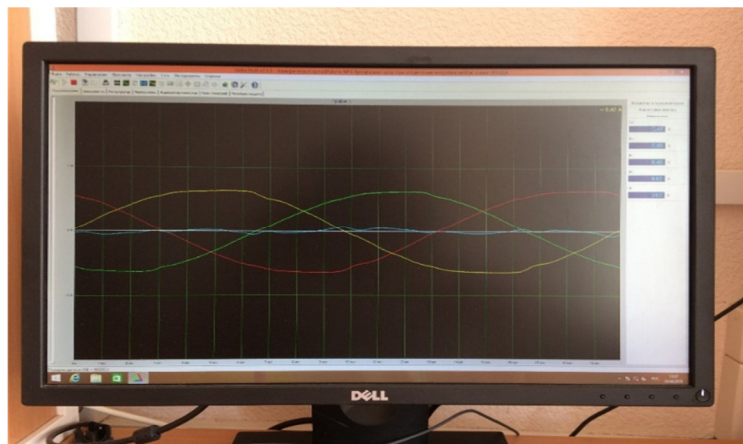


Рис. 11. Осциллограммы токов при симметричной нагрузке

В итоге работы студент должен предоставить расчёты, диаграммы напряжений трёхфазного 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 межзловое напряжения U_{nN} для всех режимов нагрузки (см. рис. 10).

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

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

Задание № 4. Дан трёхфазный приемник, соединённый звездой, подключен к источнику с малым линейным напряжением 28 В (рис. 12). Сопротивления фаз приемника $\dot{Z} = 50e^{j53^\circ}$ Ом.

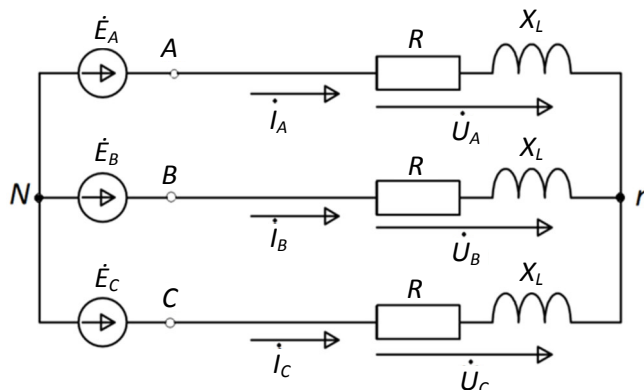


Рис. 12. Трёхфазный приемник, соединённый звездой с одинаковыми сопротивлениями фаз приемника

1. Определить фазные напряжения и токи приемника при обрыве фазы A . Сравнить расчёты с данными табл. 2. Объяснить. Построить векторные диаграммы напряжений и токов.

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

Решение.

1. При обрыве фазы A фазные напряжения:

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

$$\text{Токи приемника: } \dot{I}_a = 0; \quad \dot{I}_b = -\dot{I}_c; \quad I_b = I_c = \frac{U}{2Z} = \frac{28}{100} = 0,28 \text{ А},$$

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

$$\text{Согласно данным табл. 2 } I_b = I_c = \frac{U}{2R} = \frac{28}{60} = 0,467 \text{ А}.$$

Масштаб векторной диаграммы (рис. 13):

$$m_U = 7 \text{ В/см}, \quad m_I = 0,2 \text{ А/см}.$$

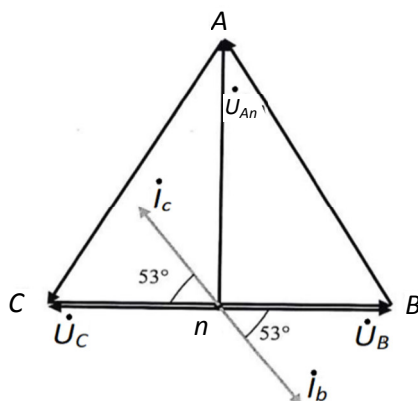


Рис. 13. Векторная диаграмма при обрыве фазы A

2. При коротком замыкании фазы A фазные напряжения: $U_A = 0$; $U_B = U_C = U_{Л} = 28$ В;
 $\dot{U}_B = -\dot{U}_{AB}$; $\dot{U}_C = \dot{U}_{CA}$.

Токи приемника: $I_b = I_c = \frac{U}{Z} = \frac{28}{50} = 0,56$ А, где $Z = R + jX = 30 + j40 = 50e^{j53^\circ}$, $Z = 50$ Ом;
 $-\dot{I}_a = \dot{I}_b + \dot{I}_c$; $I_a = 0,9688$ А.

Масштаб векторной диаграммы (рис. 14): $m_U = 6,2$ В/см, $m_I = 0,14$ А/см.

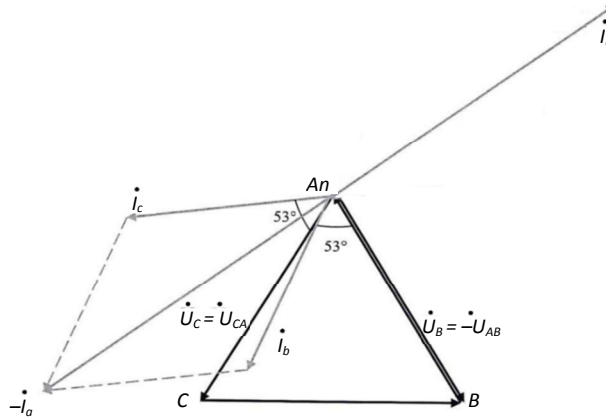


Рис. 14. Векторная диаграмма при коротком замыкании фазы A

Расчёты выполнены в системе компьютерной алгебры Mathcad.

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 также можно использовать в дистанционном обучении, при повышении квалификации слушателей отраслевых учебных центров инженерно-технических работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородеянко В. Н. Электрические цепи и основы электроники: метод. 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: метод. указания к проведению лабораторных работ. Челябинск: Учтех-Профи, 2014. 74 с.
3. Бычков А. Е., Гончаров И. Г., Качалов А. В. Электрические машины: метод. указания к проведению лабораторных работ. Челябинск: Учтех-Профи, 2015. 64 с.

Статья поступила в редакцию 05.09.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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



APPLICATION OF TRAINING AND METHODOLOGICAL COMPLEX ELECTRICAL ENGINEERING

V. P. Bykova

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The paper presents the laboratory practicum on electrical engineering and physics worked out on the basis of the teaching guide on electrical engineering including 5 test benches. It includes 24 laboratory works with elements of independent research. The detailed and illustrated test benches of the training complex are the following: Electrical Engineering and Electronics, Electric Machines and Electric Drive, Electric Machine Assembly, Electric Energy, its Transmission and Quality, Principles of Electrical Safety. Some stands are connected to a software and hardware complex designed for measuring the studied values, reflection and processing of analog signals. The compactness and versatility of the training complex Electrical Engineering are noted; one can do 6–9 laboratory works on electrical engineering and physics at one stand. Mathematical calculations of the readings are recommended to perform in Mathcad computer algebra system. A manual based on the laboratory works, which contains general safety rules, guidelines for performing tasks and requirements for their processing, is now under consideration. The advantages of the elaborated laboratory workshop have been listed; the educational, developmental, pedagogical tasks for solving at the lesson have been analyzed; a laboratory work “Three-phase circuit connection in star scheme” is given as an example. The diagram of a star connection is presented; a vector diagram of linear and phase voltages relations in a star connection is built. The oscillograms of currents under symmetrical load are illustrated. It has been noted that the individual tasks have an exploratory nature, they develop cognitive, independent and creative skills of students. The proposed methodological guidelines are recommended for specialists and bachelors in such areas as “Ship and Power Plants”, “Shipbuilding”, “Heat and Power Engineering and Heat Engineering”, etc., and can be used by teachers of general engineering disciplines.

Key words: training and methodological aids, electrical engineering, laboratory workshop, calculations in Mathcad, linear and phase voltages, vector diagram of voltages and current flows.

For citation: Bykova V. P. Application of training and methodological complex Electrical Engineering. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;4:130-140. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-4-130-140.

REFERENCES

1. Borodyanko V. N. Elektricheskie cepi i osnovy elektroniki [Electrical circuits and principles of electronics]. *Metodicheskie ukazaniya k provedeniyu laboratornyh rabot na stende E4 (komp'yuterizirovannaya versiya)*. Chelyabinsk, Uchtekh-Profi Publ., 2016. 97 p.
2. Bychkov A. E., Goncharov I. G., Kachalov A. V. Elektricheskij privod [Electric drive]. *Metodicheskie ukazaniya k provedeniyu laboratornyh rabot*. Chelyabinsk, Uchtekh-Profi Publ., 2014. 74 p.
3. Bychkov A. E., Goncharov I. G., Kachalov A. V. Elektricheskie mashiny [Electrical machinery]. *Metodicheskie ukazaniya k provedeniyu laboratornyh rabot*. Chelyabinsk, Uchtekh-Profi Publ., 2015. 64 p.

The article submitted to the editors 05.09.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Bykova Valentina Prokhorovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Physics; v.p.bykova@mail.ru.

