

Комарова Татьяна Николаевна

преподаватель специальных дисциплин

Государственное бюджетное образовательное учреждение

среднего профессионального образования Московской области

Воскресенский индустриальный техникум

Московская область, г. Воскресенск

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ  
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ  
ПО ТЕМЕ «ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ И ИХ РАСЧЕТ»**

Цель образовательного процесса – обучение, воспитание и развитие компетентной личности, способной вести самостоятельный поиск информации, выбирать методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество, применять полученные знания в практической деятельности.

Требования ФГОС третьего поколения диктуют необходимость развития у обучающихся творческой инициативы, воспитания у них потребности в самообразовании, стремления к повышению уровня своей теоретической подготовки, а также к совершенствованию умений самообразовательной деятельности.

Обозначенные требования к подготовке обучающихся делают их конкурентоспособными на современном рынке труда.

В этой связи, всё большее значение приобретает самостоятельная работа обучающихся, создающая условия для формирования у них готовности и умения использовать различные средства информации с целью поиска необходимого знания.

ФГОС нового поколения регламентируют требования сопровождения самостоятельной работы методическим обеспечением.

Для обучающихся методическое обеспечение является, в первую очередь, источником предметных знаний и умений. Кроме того, методические пособия способствуют развитию интеллектуальной, эмоциональной, мотивационной сфер будущего профессионала.

Дисциплина «Электротехника» является базой для специальных дисциплин специальности 140448 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)», и имеет целью дать обучающимся углубленное понимание электромагнитных явлений и научить сознательно пользоваться основными законами электротехники при решении практических задач.

Самостоятельная работа по дисциплине «Электротехника» подразумевает изучение теоретических вопросов, решение задач, выполнение лабораторных и расчетно-графических работ, ориентированных на использование измерительной и вычислительной техники.

Обязательным элементом учебного процесса по дисциплине является выполнение лабораторных работ.

В качестве примера представляю методические рекомендации по подготовке к лабораторной работе по теме «Трехфазные цепи и их расчет».

#### Теоретические сведения.

При изучении материала темы «Трехфазные цепи и их расчет» необходимо обратить внимание на связь между фазными и линейными токами, а также между фазными и линейными напряжениями для соединений «звездой» и «треугольником», как при симметричной, так и при несимметричной нагрузке. При расчете несимметричных трехфазных цепей со статической нагрузкой рекомендуется строить векторные топографические диаграммы, которые дают во многих случаях наглядное представление о соотношениях между напряжениями и токами в различных участках цепи. Необходимо обратить особое внимание на способы определения последовательности фаз для

трехфазной системы, а также на измерение мощности с помощью двух ваттметров.

В процессе изучения учебного материала рекомендуется пользоваться вопросами для самопроверки:

1) В трехфазную линию включены два приемника по схеме "треугольник". Начертите соответствующую схему и введите в нее измерительные приборы для измерения линейных и фазных токов и напряжений.

2) Начертите такую же схему для приемников, соединенных по схеме "звезда" с нейтральным проводом.

3) Напишите выражения для мгновенных значений напряжений, образующих трехфазную симметричную систему (для фазы А начальную фазу напряжения принять равной нулю).

4) Напишите выражения для мгновенных значений токов, образующих симметричную трехфазную систему, если начальная фаза тока в фазе А равна  $30^\circ$ .

5) Приемник соединен треугольником. В фазу А включен реостат, в фазу В - катушка (L, R), в фазу С - конденсатор. Начертите топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов.

6) Действующее значение линейного тока в симметричном приемнике, соединенном по схеме "звезда" без нейтрального провода, равно I. В одном из линейных проводов произошел обрыв. Чему равны токи в двух других линейных проводах?

7) Напишите выражения для активной, реактивной и полной мощностей трехфазной системы.

8) Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите на ней векторы токов для трехфазной системы, соединенной по схеме "звезда" с нейтральным проводом, если в одну фазу включен резистор с сопротивлением R, а в две другие - катушки с индуктивностями L1 и L2

9) Изобразите топографическую векторную диаграмму напряжений и покажите

на ней векторы токов для трехфазной системы, соединенной треугольником, если в одну фазу включен элемент с параметром  $R$ , во вторую - с параметром  $L$ , и в третью - с параметром  $C$ .

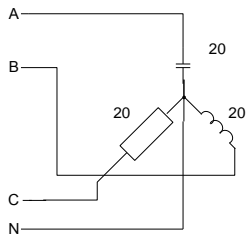
10) Изобразите схему компенсации реактивной мощности для повышения коэффициента мощности трехфазной системы.

При подготовке к лабораторной работе рекомендуется предварительно решить типовые задачи.

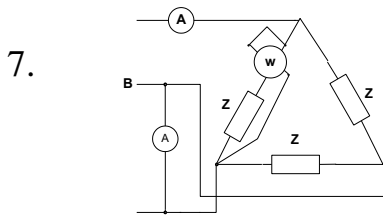
#### Задачи для подготовки к лабораторной работе

1. Потребитель, соединенный по схеме «звезда» (нагрузка равномерная), включен в трехфазную сеть переменного тока с действующим значением линейного напряжения  $U_{\text{л}}=380$  В. Коэффициент мощности нагрузки  $\cos \varphi=0,5$ , ток в фазе  $I_{\text{ф}}=22$  А. Определить полное, активное и реактивное сопротивления потребителя в фазе, а также полную, активную и реактивную мощности нагрузки.
2. Три одинаковые группы ламп накаливания, соединенные по схеме «звезда», включены в трехфазную четырехпроводную сеть с действующим значением линейного напряжения  $U_{\text{л}}=380$  В. Определить полную мощность, потребляемую нагрузкой, если линейный ток  $I_{\text{л}}=16,5$  А.
3. Приемник энергии, соединенный по схеме «звезда», подключен к трехфазной четырехпроводной сети с действующим значением линейного напряжения  $U_{\text{л}}=220$  В и имеет в каждой фазе сопротивление  $R=100$  Ом. Определить значения тока в линии и в нейтральном проводе.
4. Дано соединение звездой с нейтральным проводом. Действующие значения токов в фазах  $I_{\text{А}}=I_{\text{В}}=I_{\text{С}}=5$  А. Нагрузка в фазах: А и В - активная, С - активно-индуктивная ( $j=60$ ). Чему равен ток в нейтральном проводе?
5. Дано соединение звездой с нейтральным проводом. Нагрузка фазы А активная, фазы В - индуктивно-емкостная ( $\varphi=60^\circ$ ), фазы С - активно-

индуктивная ( $\varphi=60^\circ$ ). Определить ток в нейтральном проводе, если  $I_A = I_B = I_C = 1$  А. Построить векторную диаграмму



6. Определить ток в нейтральном проводе, если  $U_{\text{сети}} = 220\text{В}$



Определить  $Z$  и  $\cos \varphi$  симметричной нагрузки, если показания приборов:  $pV \Rightarrow 220\text{В}$ ,  $pA \Rightarrow 4\sqrt{3}$  А,  $pW = 528\text{Вт}$

Критериями успешного выполнения лабораторной работы являются:

1. Получение экспериментальных данных, соответствующих заданиям, приведенным в методических указаниях.
2. Наличие всех расчетов согласно требованиям таблиц экспериментальных данных с указанием используемых формул и приведением примера расчета одной строки таблицы.
3. Построение необходимых графиков зависимостей и векторных диаграмм токов и напряжений с соблюдением масштабов.
4. Письменные выводы о проделанной работе в плане соответствия полученных экспериментальных данных теоретическим положениям.
5. Способность обучающихся:
  - а) объяснить характер полученных экспериментальных результатов;
  - б) сравнить их с теоретическими выкладками;
  - в) объяснить их физический смысл;
  - г) сформулировать причины и допустимость отличий экспериментальных данных от теоретических.

Рекомендации по оформлению отчета о лабораторной работе

**Лабораторная работа**

**Трёхфазная цепь при соединении потребителя «треугольником» и «звездой».**

**Цель работы:** ознакомление со схемой трёхфазной цепи при соединении приёмников энергии «звездой» и «треугольником»; установление соотношения между линейными и фазными токами и напряжениями при различной нагрузке фаз.

**Приборы и оборудование:** 1. Лабораторный стенд «Уралочка». 2. Мультиметры. 3. Блоки переменных сопротивлений. 4. Соединительные провода

**Основные теоретические сведения**

1. Фазы трехфазного потребителя могут соединяться в звезду или треугольник. В лабораторной работе исследуется активная нагрузка, соединенная в звезду и треугольник.

При соединении в звезду фазный ток равен линейному току  $I_{\Phi}=I_L$ , линейное напряжение больше фазного в  $\sqrt{3}$  раз:  $U_L=\sqrt{3}\cdot U_{\Phi}$ .

При соединении в треугольник линейное напряжение равно фазному  $U_L=U_{\Phi}$ , а линейный ток больше фазного в  $\sqrt{3}$  раз:  $I_L=\sqrt{3}\cdot I_{\Phi}$ .

Потребитель считается симметричным, если сопротивления его фаз равны  $Z_A=Z_B=Z_C$  и несимметричным, когда  $Z_A\neq Z_B\neq Z_C$ .

2. Если обмотки трехфазного генератора соединены звездой, то линия может быть трехпроводной (без нейтрального провода) и четырехпроводной (с нейтральным проводом).

Ток в нейтральном проводе равен геометрической сумме линейных токов:

$$I_N=I_A+I_B+I_C.$$

При симметричной нагрузке нейтральный провод бесполезен и его не применяют (ток в нейтральном проводе отсутствует  $I_N=0$ ). Фазные токи

составляют симметричную систему, т.е. их действующие значения равны между собой, а углы сдвига между векторами равны  $120^\circ$ .

Для несимметричной нагрузки напряжение на нейтральном проводе, сопротивлением которого можно пренебречь, равно нулю ( $U_N=0$ ). Ток в нейтральном проводе существует, его величина зависит от степени несимметрии фазных токов, но обычно он меньше линейных токов.

Если при несимметричной нагрузке нулевой провод будет отсутствовать ( $Z_N=\infty$ ,  $Y_N=0$ ), то появится напряжение между нейтральными точками источника и приемника. Фазные напряжения не будут составлять симметричную систему, а поэтому фазные токи окажутся несимметричными.

При обрыве одного из линейных проводов (например, С) возникает напряжение на месте разрыва в 1,5 раза больше, чем  $U_\phi$ . На фазах А и В появляются напряжения, которые в сумме равны линейному. Если нагрузка резко несимметричная, то одно из напряжений окажется больше фазного. Нормальная работа потребителей в этом случае невозможна.

Кроме того, фазные напряжения не будут оставаться постоянными, они будут изменяться с изменением сопротивлений фаз потребителя. Таким образом, нейтральный провод выравнивает фазные напряжения при несимметричном потребителе и делает возможным его работу.

3. При соединении потребителя треугольником угол сдвига между фазными напряжением и током зависит от характера нагрузки. При симметричном потребителе линейный ток отстает от соответствующего фазного всегда на угол  $30^\circ$ .

С изменением сопротивления одной из фаз меняются силы тока этой фазы и токи в линейных проводах, но не изменяется режим работы двух других фаз.

Соединение в треугольник исключает возможность появления повышенных напряжений на фазах потребителя при обрыве одного из проводов, как эта бывает при соединении в звезду.

Например, при обрыве провода С фазы ВС и СА окажутся соединенными

последовательно и включенными под линейное напряжение  $U_{AB}$ , поэтому при симметричном потребителе на каждой из фаз появится напряжение, равное половине линейного. Напряжение на зажимах фазы АВ не изменится и она будет продолжать работать в прежнем режиме.

4. Мощность каждой фазы можно найти по формулам:

$$S_{\phi}=U_{\phi} \cdot I_{\phi}, P_{\phi}= U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi}, Q_{\phi}= U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \varphi_{\phi}$$

$$\sin \varphi_{\phi}=X/Z, \cos \varphi_{\phi}=R/Z.$$

Для несимметричной нагрузки мощность всего трехфазного потребителя

$$S=\sqrt{P^2+Q^2},$$

где  $P=P_A+P_B+P_C$ ,  $Q=Q_A+Q_B+Q_C$ .

Для симметричного потребителя, соединенного по схеме звезда:

$$S=\sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л}, P=3 \cdot P_{\phi}=\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi}, Q=3 \cdot Q_{\phi}=\sqrt{3} \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \varphi_{\phi}$$

Для симметричного потребителя, соединенного по схеме треугольник:

$$S=3 \cdot S_{\phi}=\sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л}, P=3 \cdot P_{\phi}=\sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot \cos \varphi_{\phi} Q=3 \cdot Q_{\phi}=\sqrt{3} \cdot U_{Л} \cdot I_{Л} \cdot \sin \varphi_{\phi}.$$

### Порядок выполнения работы

1. Собрать цепь (рисунок 1) и показать ее преподавателю для проверки.
2. При замкнутых тумблерных выключателях включить цепь. Установить симметричную нагрузку и измерить силу токов и напряжения в цепи. Показания приборов записать в таблицу 1.
3. Разомкнуть нейтральный провод, убедиться, что это не вносит никаких изменений в работу цепи.
4. Выяснить, как при симметричной нагрузке нейтральный провод влияет на силу токов и напряжения при обрыве линейного провода С.
5. При одинаковых сопротивлениях двух фаз А и В исследовать влияние изменения сопротивления фазы С при замкнутом и разомкнутом нейтральном проводе на режим работы цепи.
6. Подобрать необходимые приборы. Собрать цепь (рисунок 2) и показать ее преподавателю для проверки.



7. При замкнутом тумблерном выключателе включить цепь. Установить симметричную нагрузку и записать показания приборов в таблицу 2.
8. При одинаковых сопротивлениях двух фаз исследовать влияние сопротивления фазы ВС на режим работы цепи. Результаты записать в таблицу 2.
9. Повторить измерения п.2 и 3 для разомкнутого линейного провода С.

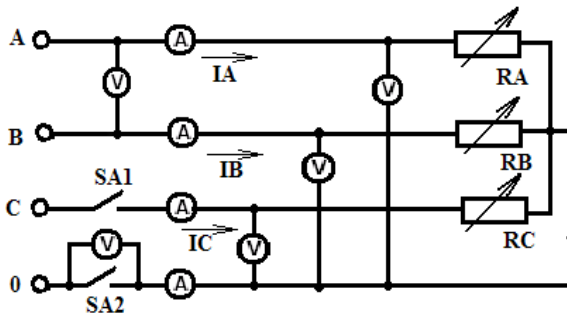


Рисунок 1. Схема для изучения трехфазной цепи при соединении потребителя звездой.

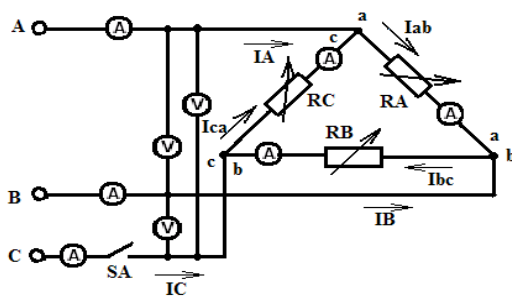


Рисунок 2. Схема для изучения трехфазной цепи при соединении потребителя треугольником.

### Обработка результатов опытов для схемы «звезда»

1. По результатам опытов рассчитать отношение линейного напряжения  $U_{CA}$  к фазному  $U_C$ .
2. Рассчитать активную мощность каждой фазы и всего потребителя.
3. По лабораторной работе сделать заключение относительно: а) соотношения между линейным и фазным напряжениями потребителя при симметричной и несимметричной нагрузках; б) соотношения между фазными и линейными токами потребителя; в) целесообразности нейтрального провода при симметричной нагрузке; г) роли нейтрального провода при несимметричной нагрузке; д) роли нейтрального провода при обрыве линейного провода; е) распределения напряжения на отдельных фазах при

несимметричной нагрузки фаз, если отсутствует нулевой провод; ж) определения мощности трехфазного потребителя; з) причин неполного совпадения опытных результатов с теорией. Выводы записать в отчет.

**Расчёты:**

**Выводы:**

**Обработка результатов опытов для схемы «треугольник»**

1. По результатам опытов рассчитать отношение линейного тока  $I_B$  к фазному  $I_{BC}$ .
2. Рассчитать мощность каждой фазы и всего потребителя.
3. Для п. 1, 4,7 таблицы 2 построить векторные диаграммы напряжений и токов потребителя.
4. По лабораторной работе сделать заключение относительно: а) соотношения между линейным и фазным токами потребителя при симметричной и несимметричной нагрузках; б) соотношения между фазными и линейными

напряжениями потребителя; в) изменения фазных напряжений и токов при изменении сопротивления одной из фаз; г) влияния обрыва одного линейного провода на режим работы электрической цепи; д) определения мощности трехфазного потребителя. Выводы записать в отчет.

### **Расчёты:**

### **Выводы:**

### **Вопросы для контроля**

1. Нарисуйте схему трехфазной цепи при соединении потребителя «звездой» и «треугольником».
2. Как связаны между собой фазные и линейные токи и напряжения при соединении потребителя по схеме «звезда»?
3. Как связаны между собой фазные и линейные токи и напряжения при соединении потребителя по схеме «треугольник»?
4. Какова роль нейтрального провода при несимметричной нагрузке?
5. Напишите формулы активной, реактивной и полной мощности симметричного потребителя, соединенного по схеме «звезда».
6. Напишите формулы активной, реактивной и полной мощности симметричного потребителя, соединенного по схеме «треугольник».
7. Расскажите об электроизмерительных приборах, применяемых в лабораторной работе.

Таблица 1. Опытные и расчетные данные для изучения трехфазной цепи при соединении потребителя по схеме «звезда».

№ п/п	Нагрузка	Нейтраль	Провод С	Из опыта									Из расчета							
				$I_{A,A}$	$I_{B,A}$	$I_{C,A}$	$I_{N,A}$	$U_{Л,B}$	$U_{A,B}$	$U_{B,B}$	$U_{C,B}$	$U_{N,B}$	$U_{CA}$	$P_{A,Вт}$	$P_{B,Вт}$	$P_{C,Вт}$	$P_{,Вт}$			
1	Симметричная	Замкнута	Замкнут											$U_C$						
2		Разомкнута																		
3		Замкнута		Разомкнут																
4		Разомкнута																		
5	Несимметричная	Замкнута	Замкнут																	
6																				
7																				
8		Разомкнута																		
9																				
10																				

Таблица 2. Опытные и расчетные данные для изучения трехфазной цепи при соединении потребителя по схеме «треугольник».

№ п/п	Нагрузка	Линейный провод	Из опыта									Из расчета						
			$U_{AB,B}$	$U_{BC,B}$	$U_{CA,B}$	$I_{AB,A}$	$I_{BC,A}$	$I_{CA,A}$	$I_{C,A}$	$I_{B,A}$	$I_{A,A}$	$I_B$	$P_{AB,Вт}$	$P_{BC,Вт}$	$P_{CA,Вт}$	$P_{,Вт}$		
1	Симметричная	Замкнут											$I_{BC}$					
2																		
3	Несимметричная																	
4																		
5																		

6	Симметрич ная	Разом- кнут															
7																	
8	Несимметр ичная																
9																	
10																	

Лабораторная работа считается выполненной после представления обучающимся индивидуального письменного отчета, оформленного в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях, и ответов на все контрольные вопросы, заданные преподавателем.

### Оценивание лабораторной работы

Критерии оценки	Количественная индивидуальных Достижений
1. Теоретическая подготовленность обучающихся к выполнению лабораторной работы	10%
2. Соблюдение указанной последовательности выполнения лабораторной работы	10%
3. Умения и навыки безопасного обращения с лабораторным оборудованием	20%
4. Исследовательское умение, экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения измерений, наблюдение развития процессов. Формирование ПК. 2.1; ОК 3; ОК 6.	15%
5. Формирование практических (профессиональных) умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в профессиональной деятельности или учебных (умений решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебно-профессиональной деятельности по общепрофессиональным дисциплинам и МДК. Формирование ПК.1.1; ПК 2.3; ПК 4.4, ОК 1; ОК 6; ОК 8.	15%
6. Правильность полученных результатов	20%
7. Грамотность и аккуратность оформления лабораторной работы	10%
Итого	100%

Оценка индивидуальных образовательных достижений производится в соответствии с универсальной шкалой оценивания.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90-100	5	отлично
80- 89	4	хорошо
70- 79	3	удовлетворительно
менее70	2	неудовлетворительно

#### Литература

Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: учебник.- М.6 ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008.

1. Лоторейчук Е.А. Расчет электрических и магнитных полей. Решение задач: Учебное пособие.- М.:2007.
2. Хромоин П.К., Электротехнические измерения, -М.:ФОРУМ,2011.
3. Панфилов В. А., Электрические измерения, -М.: Издательский центр «Академия», 2006.
4. Прянишников В.А. Электротехника и ТОЭ в примерах и задачах. - М. Корона Принт, 2010