

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

МАРКИРОВКА ВЫВОДОВ И ПРОВЕРКА ГРУПП СОЕДИНЕНИЙ ОБМОТОК ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплинам «Электромеханика»
и «Электроснабжение промышленных предприятий»
для студентов специальности 140211 – «Электроснабжение»
и бакалавров по направлению 140400 – «Электротехника и электроэнергетика»

Курган 2012

Кафедра: *«Энергетика и технология металлов»*

Дисциплины: «Электромеханика» и «Электроснабжение промышленных предприятий»

Составили: канд. техн. наук, доцент В.И. Мошкин (теоретическая часть);
ст. преподаватель В.А. Медведев (методика выполнения, техническая редакция).

Утверждены на заседании кафедры «29» июня 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета «27» января 2012 г.

РАБОТА № 8 (4)

МАРКИРОВКА ВЫВОДОВ И ПРОВЕРКА ГРУПП СОЕДИНЕНИЙ ОБМОТОК ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы: ознакомиться с особенностями конструкции трехфазных двухобмоточных трансформаторов, схемами соединений обмоток и группами их соединений. Произвести маркировку выводов обмоток трансформатора и проверку групп соединений обмоток с помощью полярометра-вольтметра магнито-электрической системы с отклонением стрелки в обе стороны от нулевой отметки.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

Трехфазные трансформаторы со связанными магнитными системами имеют обычно трехстержневые сердечники. На каждом стержне сердечника размещены пары фазных обмоток высшего (ВН) и низшего (НН) напряжений, относящиеся к одноименным фазам. Фазные обмотки как ВН, так и НН чаще всего соединяют между собой звездой (Y) или треугольником (Δ). Независимо от способа соединения выходы каждой фазной обмотки называют – одним началом обмотки, другой – ее концом. Для какой-нибудь одной фазной обмотки выбор ее начала и конца можно сделать произвольно. Тогда за начала двух других обмоток необходимо принять выходы, идя от которых обмотки должны быть намотаны в том же направлении, что и первая.

Принято начала фазных обмоток ВН обозначать буквами А, В и С, а их концы – буквами X, Y и Z; соответственно начала и концы обмоток НН – буквами а, b, с и x, y, z (рисунок 1).

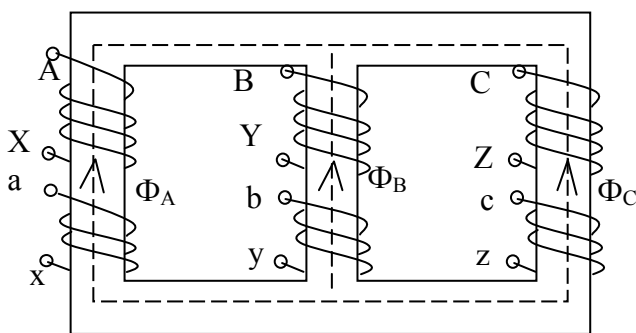


Рисунок 1 - Размещение фазных обмоток ВН и НН на стержнях сердечника трехфазного трансформатора

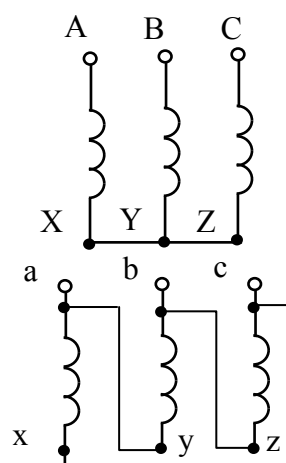


Рисунок 2 - Схема соединений обмоток ВН - звездой, а обмоток НН – треугольником (Y/ Δ)

Очевидно, что соединения обмоток звездой или треугольником можно выполнить тогда, когда выводы всех фазных обмоток промаркированы (рисунок 2). Маркировку выводов обмоток производят в том случае, когда она отсутствует и для проверки уже имеющейся маркировки.

Как известно, в трехфазных трансформаторах напряжение между началом и концом фазной обмотки называется фазным (U_{ϕ}), а между началами разных фаз – линейным ($U_{л}$). Векторная диаграмма линейных и фазных напряжений при соединении звездой приведена на рисунке 3, из которого видно, что в симметричной трехфазной системе линейные и фазные напряжения не совпадают по фазе на угол, кратный 30° . При соединении звездой: $U_{л} = \sqrt{3} U_{\phi}$, а при соединении треугольником: $U_{л} = U_{\phi}$. Поэтому, во-первых, отношение

$$\frac{U_{\phi BH}}{U_{\phi HH}} = \frac{w_{BH}}{w_{HH}} = k_{\phi},$$

где k_{ϕ} – коэффициент трансформации (фазный), справедливо только при одинаковых схемах соединений обмоток ВН и НН; во-вторых, при любых схемах соединений векторы линейных одноименных напряжений ВН и НН сдвинуты по фазе между собой на угол, кратный 30° , который и определяет группу соединения обмоток. Так как этот угол необходимо учитывать в эксплуатации (например, на параллельную работу можно включать трансформаторы только с одинаковыми группами соединений), то кроме указания схем соединения обмоток необходимо указание и группы соединений.

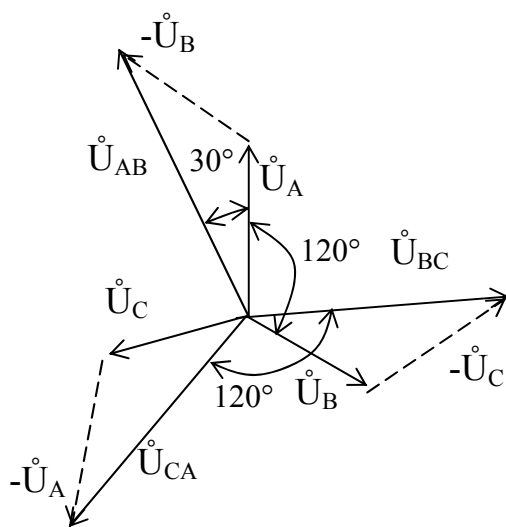


Рисунок 3 - Векторная диаграмма напряжений U_{ϕ} и $U_{л}$ при соединении Y

Группа соединений трехфазного трансформатора зависит от:

- направления намотки обмоток;
- способа обозначения выводов обмоток, т.е. их маркировки;
- схем соединения обмоток.

Фазные обмотки ВН и НН, расположенные на общем стержне, сцеплены с одним и тем же магнитным потоком (рисунок 1), поэтому их ЭДС совпадают по фазе при одинаковых направлениях намотки и сдвинуты по фазе на 180° , если обмотки намотаны в противоположных направлениях, или при перемене мес-

тами обозначений начала и конца одной из обмоток. Сдвиг по фазе между одноименными линейными ЭДС ВН и НН можно определить, построив векторные диаграммы (рисунок 4). Угол отставания линейной ЭДС НН от одноименной линейной ЭДС ВН, определяющий группу соединения, принято выражать не в градусах, а относительной величиной, полученной делением данного угла на 30° . Удобно при этом воспользоваться циферблатом часов. Если вектор линейной ЭДС ВН (он больше по величине) совместить с минутной стрелкой, установленной на цифру 12, а вектор линейной ЭДС НН – с часовой стрелкой, то последняя укажет номер группы соединения (рисунок 5). Отсчет угла производится от минутной к часовой стрелке по направлению их вращения. Трансформаторы, имеющие одинаковые схемы соединения обмоток ВН и НН, могут иметь 6 различных четных групп соединений, а с различными схемами соединений (Y/Y или Δ/Y) – 6 различных нечетных групп. Однако стандартизированы только группы Y/Y-0 и Y/ Δ -11.

Схемы соединения обмоток		Векторные диаграммы		Услов. обозн.
ВН	НН	ВН	НН	
				Y/Y-0
				Y/ Δ -11

Рисунок 4 – Схемы соединения, векторные диаграммы и группы соединения трехфазных трансформаторов

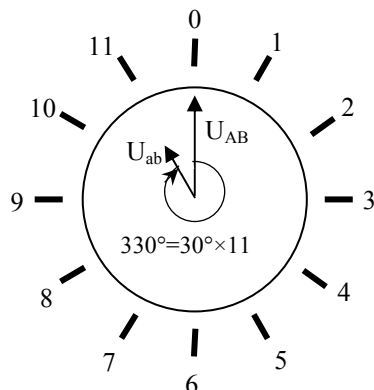


Рисунок 5 – Определение номера группы с помощью циферблатных часов

Принадлежность трансформатора к той или иной группе соединения можно определить полярметром. При включении обмоток ВН на постоянное напряжение определенной полярности в других обмотках трансформатора в момент включения наводится мгновенная ЭДС, величина и направление которой зависят от группы соединения обмоток и фиксируются с помощью полярметра. Каждой группе соединений отвечает определенная таблица отклонений стрелки полярметра для испытуемого трансформатора и, сравнив ее с имеющимися, устанавливают группу соединений обмоток.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 Маркировка зажимов трансформатора

При маркировке выводов обмоток трехфазных трансформаторов допускается пользоваться напряжениями источника, не превышающими номинальные напряжения обмоток, а по соображениям безопасности следует проводить эксперимент на пониженных напряжениях как переменного, так и постоянного тока.



Рисунок 6 – Экспериментальная установка

Экспериментальная установка содержит испытуемый трехфазный трансформатор, специальную клеммную панель, однофазный понижающий трансформатор, выпрямитель и вольтметры.

К зажимам клеммной панели подключены проводники многожильного кабеля (провода, собранные в жгут), соединенные с выводами обмоток трансформатора, не имеющими маркировки. Таким образом, на клеммной панели зажимы 1-12 являются немаркированными выводами обмоток трансформатора, и их следует промаркировать в соответствии с принятыми обозначениями выводов обмоток. Маркировка осуществляется в несколько этапов:

- определяют пары выводов отдельных обмоток ВН или НН;
- определяют обмотки ВН и НН и пары обмоток, расположенные на общих стержнях сердечника;
- маркируют начала и концы обмоток ВН и НН.

2.1.1 Определить выводы, принадлежащие обмоткам трансформатора

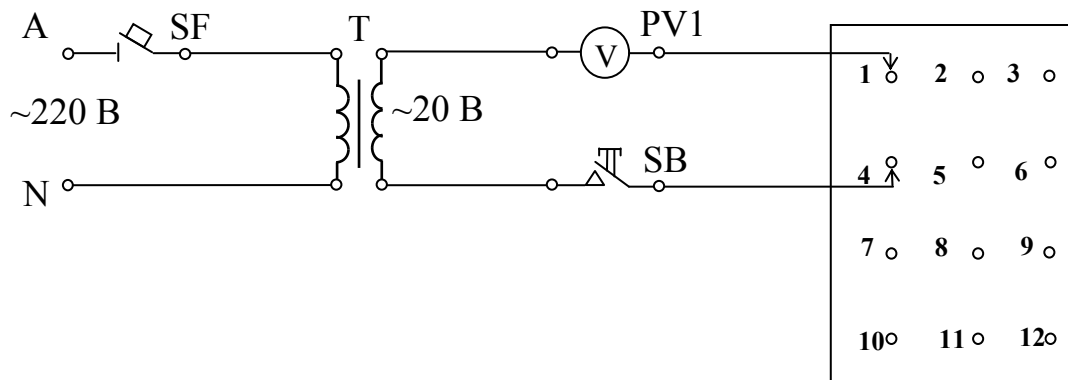


Рисунок 7 – Схема для определения пар выводов, принадлежащих отдельным обмоткам

Собрать цепь по схеме (рисунок 7). Один из проводов от понижающего трансформатора подключить через вольтметр PV1 к любому выводу обмоток трансформатора, а другой поочередно присоединить через кнопку SB к остальным выводам до установления отклонения стрелки вольтметра PV1 при нажатой кнопке SB, что указывает на принадлежность этой пары выводов одной обмотке. Таким образом определяют пары выводов всех обмоток. Удобно маркировку проводить с помощью таблицы (рисунок 8), в которую записывают результаты эксперимента. Например, выводы первой обмотки 1-1' относятся к зажимам 1-7, а второй 2-2' – 2-9 и т.д., что и записывают в соответствующие клетки таблицы.

2.1.2 Определить обмотки ВН и НН и пары обмоток, находящиеся на общих стержнях сердечника

Поочередно каждую обмотку включать на пониженное напряжение переменного тока (рисунок 9) и измерять ЭДС всех остальных обмоток при нажатой кнопке SB. Обмотка с наибольшей ЭДС находится на одном стержне сердечника с подключенной обмоткой, а по соотношению напряжений U_1 и U_2 определяют обмотки ВН и НН и эти данные заносят в таблицу (рисунок 8).

① 1, НН1 х	② 2, ВН1 А	③
④	⑤	⑥
⑦ 1', НН1 а	⑧	⑨ 2', ВН1 Х
⑩	⑪	⑫

Рисунок 8 – Таблица для записей маркировок

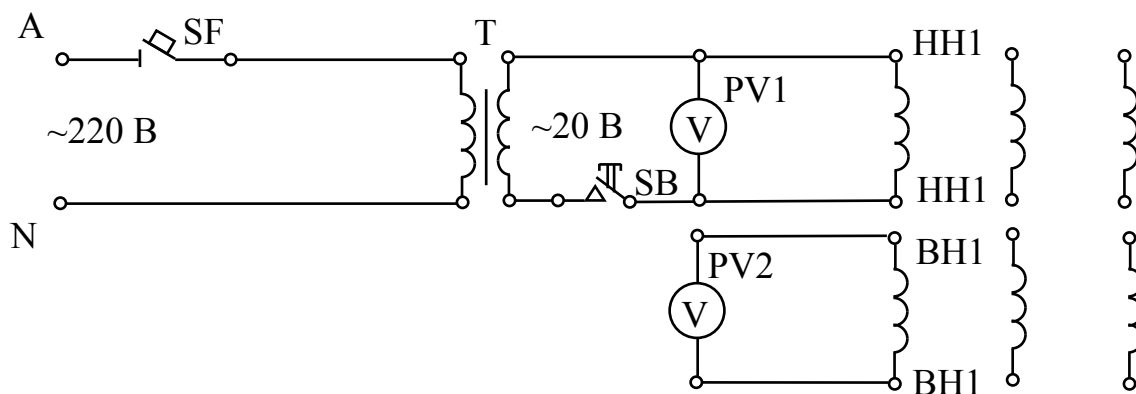
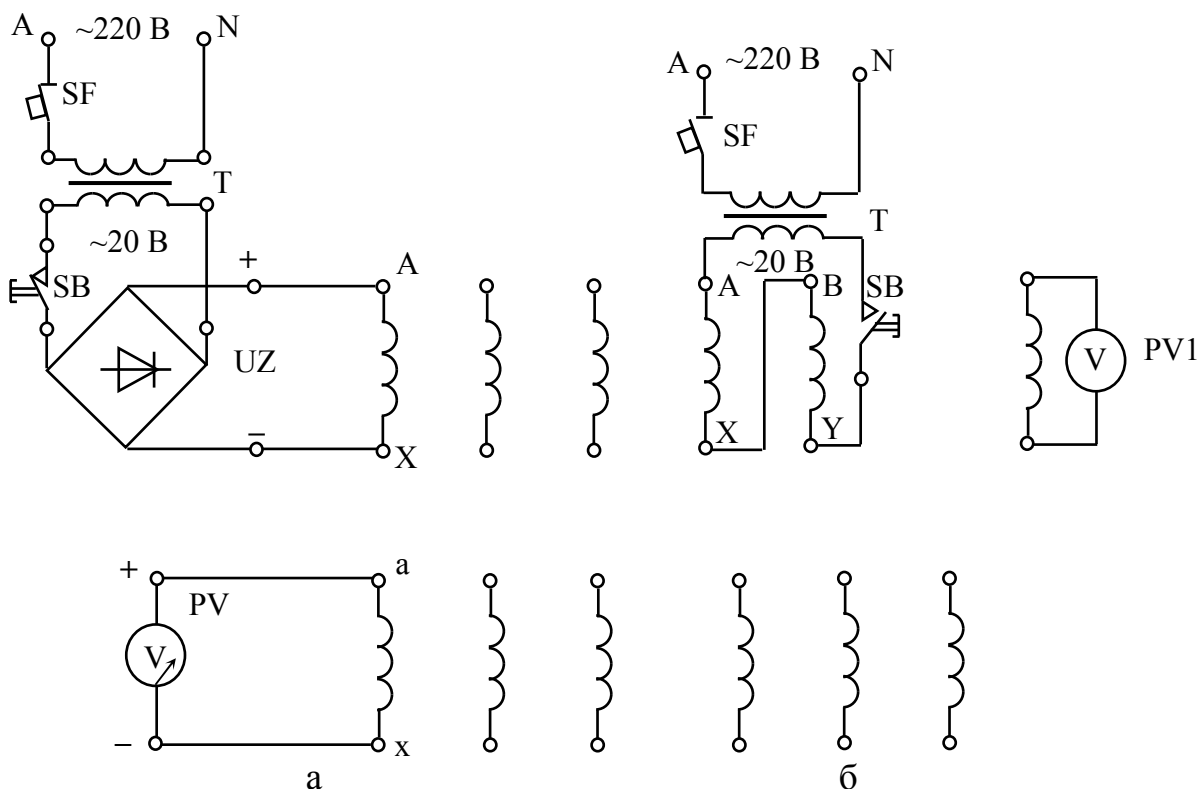


Рисунок 9 – Схема для определения обмоток ВН и НН на общем стержне

2.1.3 Выполнить маркировку начал и концов обмоток

Собрать цепь по схеме (рисунок 10а). Один из выводов обмотки ВН1 принять за начало обмотки А, а другой – за конец Х. При сборке цепи строго соблюдать полярности источника (выпрямителя) UZ и вольтметра PV. Если при замыкании кнопки SB стрелка вольтметра отклонится вправо, а при размыкании влево, то зажим вольтметра со знаком «+» соединен с началом обмотки НН1 – «а». Обратные отклонения стрелки вольтметра означают, что зажим его, отмеченный плюсом, соединен с концом этой обмотки «х».



- а - для маркировки выводов А-Х и а-х;
- б - для маркировки выводов В-У, С-З, б-у, с-з

Рисунок 10 – Схема для маркировки начал и концов обмоток

Далее обмотка А-Х соединяется последовательно со второй обмоткой ВН₂, а к выводам третьей обмотки ВН₃ присоединяется вольтметр PV1 электромагнитной системы по схеме (рисунок 10 б).

Если при включенном напряжении и нажатой кнопке SB вольтметр PV1 покажет сравнительно большое напряжение, то это значит, что вывод «Х» присоединен к выводу «В» (началу второй обмотки), а если его показания близки к нулю, то вывод «Х» присоединен к выводу «У» (концу второй обмотки).

После определения выводов «В» и «У» на место второй обмотки в схеме (рисунок 10 б) включается третья обмотка ВН₃, вольтметр PV1 присоединяется к выводам В-У и по вышеприведенной методике находятся выводы «С» и «Z».

Затем определяются выводы обмоток НН b-у и с-z по схеме (рисунок 10а) аналогично разметке выводов а – х.

Результаты эксперимента записать в таблицу (рисунок 8).

2.2 Проверка групп соединения обмоток трансформатора

2.2.1 Проверить группу соединений трансформатора при соединении его обмоток по схемам Y/Y.

Собрать цепь по схеме (рисунок 11 а), соединяя обмотки на клеммной панели в соответствии с произведенной ранее маркировкой выводов. При соблюдении полярностей, указанных на схеме, и присоединении источника к зажимам обмоток ВН, например, А-В в момент замыкания кнопки SB в других обмотках трансформатора наводятся мгновенные ЭДС, направление и величину которых определить с помощью полярометра, поочередно подключая его к зажимам а-b, b-с, а-с. Отклонение стрелки вправо от нуля считать положительным, а влево – отрицательным.

Аналогичные опыты провести при поочередном присоединении источника к зажимам В-С и А-С с последующей записью всех девяти отсчетов в таблицу (рисунок 11 а).

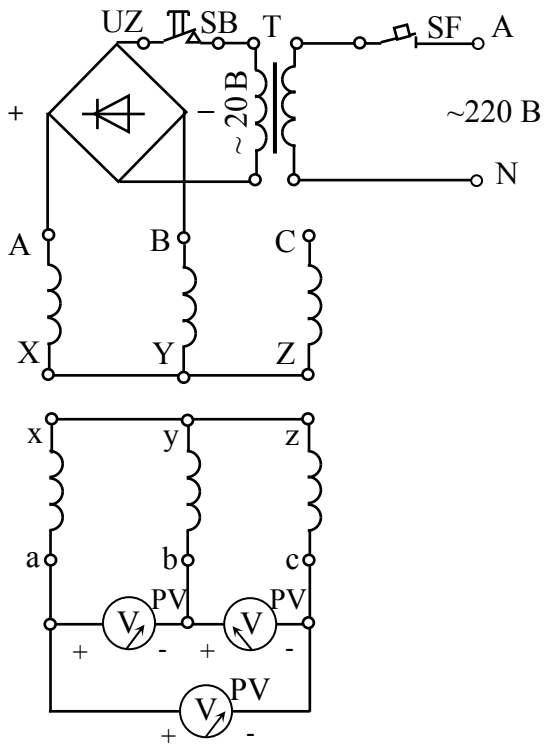
Если результаты эксперимента соответствуют указанным отклонениям в таблице (рисунок 11 а), то группа соединения обмоток трансформатора Y/Y-0.

2.2.2 Проверить группу соединений трансформатора при соединении его обмоток по схемам Y/Δ .

Собрать цепь по схеме (рисунок 11 б), соединяя обмотки трансформатора также на клеммной панели.

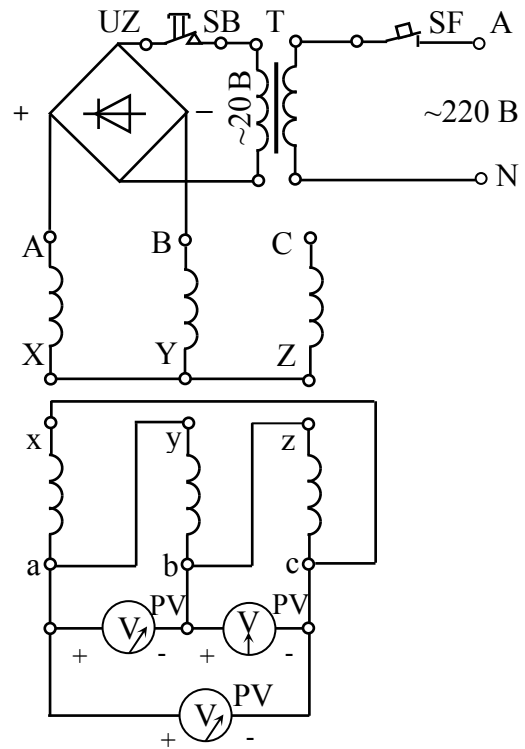
Эксперимент провести аналогично предыдущему. Соответствие результатов эксперимента таблице (рисунок 11 б) указывает на то, что группа соединений обмоток трансформатора Y/Δ - 11.

2.2.3 Для обоих вариантов соединений обмоток начертить векторные диаграммы ЭДС ВН и НН.



а

Y/Y-0	A-B	B-C	A-C
a-b	+	-	+
b-c	-	+	+
a-c	+	+	+



б

Y/Δ-11	A-B	B-C	A-C
a-b	+	-	0
b-c	0	+	+
a-c	+	0	+

а - Y/Y-0; б - Y/Δ-11

Рисунок 11 – Проверка групп соединений обмоток трехфазного трансформатора с помощью полярометра

Контрольные вопросы

- 1 С какой целью проводится маркировка выводов обмоток трехфазного трансформатора?
- 2 Каковы возможные последствия неправильной маркировки, например, перепутаны начала и концы всех обмоток, обмоток НН, одной из обмоток?
- 3 Отличия определения коэффициента трансформации однофазных и трехфазных трансформаторов.
- 4 Что такое группа соединений обмоток трансформатора и ее назначение?
- 5 Какие группы соединений могут быть у трансформатора с соединением обмоток по схеме Y/Y и как они могут быть получены?
- 6 То же у трансформатора с соединением обмоток по схеме Y/Δ .
- 7 Какие группы соединений стандартизованы в нашей стране?
- 8 В чем заключается суть определения групп соединений при помощи полярометра и что собой в данном случае представляет полярометр?
- 9 Каковы условия включения трансформаторов на параллельную работу?
- 10 Изменится ли отношение линейных напряжений трансформатора, если нулевую группу соединения изменить на 11-ю?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Брускин Д.Э. и др. Электрические машины и микромашины: Учебник для электротех. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – С. 60-62.
- 2 Беспалов В.Я. Электрические машины: Учебное пособие. – М.: Академия, 2006. – С. 56-69.
- 3 Иванов А.А. Справочник по электротехнике. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1972. – С. 166-170.
- 4 Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 57-70.

Мошкин Владимир Иванович
Медведев Вячеслав Александрович

**МАРКИРОВКА ВЫВОДОВ И ПРОВЕРКА ГРУПП СОЕДИНЕНИЙ
ОБМОТОК ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплинам «Электромеханика»
и «Электроснабжение промышленных предприятий»
для студентов специальности 140211 – «Электроснабжение»
и бакалавров по направлению 140400 – «Электротехника и электроэнергетика»

Редактор Е.А. Устюгова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.