

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

**Методические указания для выполнения  
лабораторно-практических работ**

Новосибирск 2021

УДК 621.314.1

Авторы: *А.Ю. Кузнецов*, доцент, канд. техн. наук.

*Д.В. Морокин*, ст. преподаватель

*Д.С. Болотов*, преподаватель.

Рецензент: *А.Т. Калужный*, доцент, канд. техн. наук

**Электрические машины:** метод. указания для выполнения лабораторно-практических работ / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: А.Ю. Кузнецов, Д.В. Морокин, Д.С. Болотов. – Новосибирск, 2021. – 11 с.

Методические указания содержат указания для выполнения лабораторно-практических работ №1, №2, №3 по дисциплине Электрические машины.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (профиль Электрооборудование и электротехнологии).

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №5 от 24 декабря 2020 г.).

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электрические машины» является одной из основных специальных дисциплин для студентов обучающихся по направлению подготовки - Агроинженерия, по профилю - Электрооборудование и электротехнологии в АПК. При изучении этой дисциплины студенты знакомятся с основами теории, расчета и испытанием электрических машин и трансформаторов. Без ясного понимания физического смысла явлений, происходящих в электрических машинах и трансформаторах при их работе, невозможно организовать эффективную эксплуатацию и обслуживание электрооборудования, в основе которых имеются подобные устройства.

Дисциплина Электрические машины в соответствии с требованиями ФГОС ВО направлена на формирование способности использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрифицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

### **знать:**

- основные требования ГОСТов, ПУЭ, нормативных и руководящих материалов по теории и методам расчета электрических машин;
- области их применения и особенности эксплуатации в сельском хозяйстве;
- конструктивные исполнения, параметры и режимы работы электрических машин;
- основные характеристики электрических двигателей, генераторов и преобразователей, эксплуатационные требования к ним;
- тенденции развития электрических машин.

### **уметь:**

- рассчитывать, исследовать и анализировать параметры электрических машин;
- подключать и испытывать электрические машины и трансформаторы;
- владеть методами исследования и расчета электрических машин;
- иметь представление по практическому применению электрических машин и особенностях их эксплуатации в сельском хозяйстве;
- обладать навыками расчета и выбора электрических машин и трансформаторов для реализации технологий сельскохозяйственного производства;
- обеспечивать эффективную и безопасную работу персонала с электрическими машинами.

### **владеть:**

- современными технологиями проектирования и монтажа систем электропривода сельскохозяйственных машин.

## 1. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

при работе студентов в лабораториях кафедры техносферной безопасности и электротехнологий Новосибирского ГАУ

1. Перед началом лабораторных работ в лабораториях получите у руководителя работ инструктаж по технике безопасности. Изучите и запомните схему электроснабжения лаборатории, места установки коммутирующей и защитной аппаратуры. После получения инструктажа по технике безопасности распишитесь в журнале о том, что с правилами безопасной работы вы ознакомлены и обязуетесь их выполнять.

2. Не трогайте, не включайте и не выключайте без разрешения преподавателя или лаборанта автоматы и другие приборы. Ошибочное включение может быть причиной несчастного случая или выхода из строя электрооборудования.

3. Перед тем как приступить к выполнению работы, внимательно ознакомьтесь с заданием, оборудованием, материалами и инструментом, проверьте исправность ограждений и предохранительных устройств. О замеченных неисправностях сообщите преподавателю.

4. Перед сборкой схемы убедитесь, что автомат или пакетный выключатель, установленный на щите лабораторного стола, отключён.

5. Помните, что шарфы, косынки и другие подобные им детали одежды могут быть затянуты вращающимися частями машин и послужить причиной несчастного случая.

6. Не загромождайте рабочее место посторонними предметами.

7. Собранная схема проверяется всеми членами бригады, при этом особое внимание следует обратить на надёжность всех клеммных соединений и контактов.

8. По окончании работы приведите в порядок своё рабочее место. После уборки заявите об окончании работы преподавателю и только после его разрешения можете покинуть лабораторию.

9. Не производите излишнего шума в лабораториях.

10. Если с вами или другим студентом произошёл несчастный случай, немедленно сообщите об этом преподавателю или лаборанту для оказания помощи.

### **Воспрещается:**

- Включать настенные групповые автоматы и рубильники распределительных шкафов без разрешения преподавателя.
- Включать собранную схему до проверки и разрешения преподавателя или лаборанта.
- Производить переключение в схемах, находящихся под напряжением.
- Оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.
- Закорачивать или отключать блокировочные устройства.
- Заходить за стенд и протягивать руки за ограждения.

## 2. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫВОДОВ ТРАНСФОРМАТОРА И ГРУППЫ СОЕДИНЕНИЯ

**Цель работы:** Выработать навыки и умения определять выводы обмоток трансформатора и группы соединения.

**Оснащение рабочего места:** инструкционно-технологические карты, вольтметр, фазометр, стенд.

#### Содержание работы и порядок выполнения

1. Паспортные данные трансформатора:  
ТС-10/0,4;  $S_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ ;  $U_{1\text{ном}}/U_{2\text{ном}} = 380/228 \text{ В}$ .
2. Определить выводы трансформатора: если точно известно, что трансформатор является понижающим и рассчитан на питание от сети, измерьте омметром сопротивления всех его обмоток. У одной из них оно значительно больше, чем у остальных - она и является первичной.
3. Собрать схему определения группы соединения методом фазометра (рис. 1). Провести измерения.

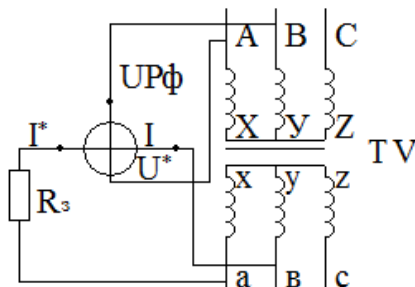


Рис. 1 Схема определения группы соединения методом фазометра

Вывод: Фазометр показал угол ..., следовательно, группа соединения обмоток ...

4. Собрать схему определения группы соединения методом вольтметра (рис. 2). Провести измерения.

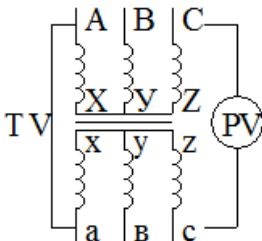


Рис. 2 Схема определения группы соединения методом вольтметра

Результаты измерений заносим в таблицу 1:

Таблица 1

$U_{AB}, В$	$U_{ab}, В$	$K$	$U_{Bb}, В$	$U_{Cc}, В$

$$K = U_{AB} / U_{ab}$$

5. По результатам измерений проверяем выполнение равенств для групп соединений:

$$Y/Y-0 \quad U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} \cdot (K - 1), В$$

Равенство выполняется.

$$Y/\Delta-11 \quad U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} \cdot \sqrt{K^2 - \sqrt{3} \cdot K + 1}, В$$

Равенство выполняется.

$$Y/Y-6 \quad U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} \cdot (K + 1), В$$

Равенство не выполняется.

*Вывод:* ...

### Контрольные вопросы:

1. На каком законе основан принцип действия трансформатора?
2. Каким ещё образом можно определить первичную и вторичную обмотки?
3. Какую обмотку (ВН или НН) располагают ближе к магнитопроводу трансформатора и почему?
4. В каких пределах изменяют напряжение трансформатора с помощью переключателя?
5. Каким образом определяется отношение линейных напряжений в трёхфазном трансформаторе?

## 3. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### ВКЛЮЧЕНИЕ ТРЁХФАЗНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

**Цель работы:** Выработать навыки и умения включать трехфазные трансформаторы на параллельную работу.

**Оснащение рабочего места:** инструкционно-технологические карты, вольтметр, фазометр, стенд.

#### Содержание работы и порядок выполнения

1. Паспортные данные трёхфазных трансформаторов:

Первый трансформатор:

Тип ТС

$$U_{1ном}/U_{2ном} = 380/220 В$$

Группа соединения Y/Y-0

$$U_k = 6,5 \%$$

Второй трансформатор:

Тип ТС

$$U_{1ном}/U_{2ном} = 380/220 В$$

Группа соединения Y/Y-0

$$U_k = 6,3 \%$$

2. Проверить возможность включения трансформаторов на параллельную работу:

а) одинаковые группы соединения обмоток. Собрать схему (рис. 2).

Измерить напряжения. Данные записать в таблицу 2:

Таблица 2

№ трансформатора	$U_{AB}, В$	$U_{ab}, В$	$U_{Bb}, В$	$U_{Cc}, В$	К
1					
2					

Проверить выполнение условия для групп соединения У/У-0:

$$U_{Bb} = U_{Cc} = U_{ab} \cdot (K - 1), В; \quad K = U_{AB} / U_{ab}$$

б) Равенство напряжений короткого замыкания:

$$\Delta U_{\kappa} \% = \frac{U_{K1} - U_{K2}}{\frac{U_{K1} + U_{K2}}{2}} \cdot 100 \% \leq 10 \%;$$

Вывод: .....

3. Собрать схему (рис. 3) фазировки и провести фазировку:

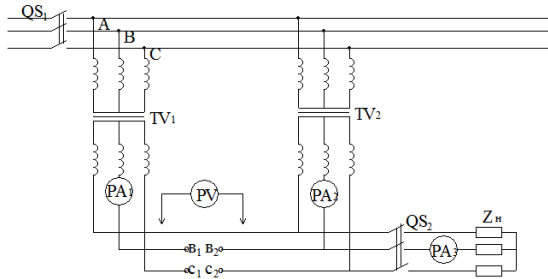


Рис. 3 Схема фазировки

Измерить напряжения:  $U_{b1 - b2} = 0В$   
 $U_{c1 - c2} = 0В$  трансформаторы сфазированы.

Включить трансформаторы на параллельную работу. Измерить токи трансформаторов и общий ток. Результаты занести в таблицу 3:

Таблица 3

$I_1, А$	$I_2, А$	$I, А$

Вывод: .....

**Контрольные вопросы:**

1. Методы фазировки. Определение фазировки трансформатора.
2. На каком напряжении производится фазировка при прямом методе?
3. Условия, необходимые для работы трансформаторов в параллели?

- К чему приводит появление уравнивающего тока в трансформаторах с разными коэффициентами трансформации?
- На какое напряжение должен быть рассчитан вольтметр, применяемый при фазировке?

#### 4. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

##### ИСПЫТАНИЕ АВТОТРАНСФОРМАТОРА

**Цель работы:** Выработать навыки и умения по сборке схемы и включению автотрансформатора и снятия его характеристик.

**Оснащение рабочего места:** инструкционно-технологические карты, стенд «Автотрансформатор».

##### Содержание работы и порядок выполнения

- Паспортные данные автотрансформатора: тип: АСБ;  $S_{ном} = 300 \text{ В} \cdot \text{А}$ ;  $U_{1ном}/U_{2ном} = 220/127 \text{ В}$ .
- Выполнить опыт холостого хода и короткого замыкания с использованием схемы, представленной на рис. 4 и определить пределы регулирования по напряжению и току.

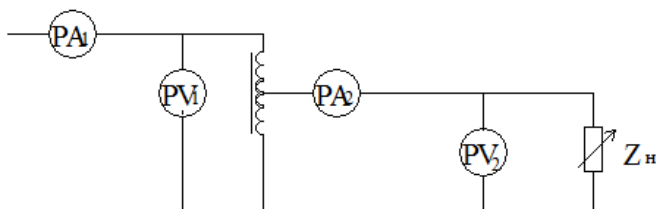


Рис. 4 Схема для испытания автотрансформатора

Данные результатов показаний занести в таблицу 4:

Таблица 4

Опыт	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_p, \text{А}$
Холостого хода					
Короткого замыкания					
Короткого замыкания					
Короткого замыкания					
Короткого замыкания					

- Рассчитать коэффициент трансформации и токи нагрузки на обмотках:

$$K = U_1 / U_2;$$

$$I_1 = \frac{S_{ном}}{U_1}, \text{ А}; \quad I_2 = \frac{S_{ном}}{U_2}, \text{ А}; \quad U_1 / U_2 = I_1 / I_2 = \dots$$

- По результатам показаний построить внешнюю характеристику автотрансформатора (пример представлен на рис. 5):



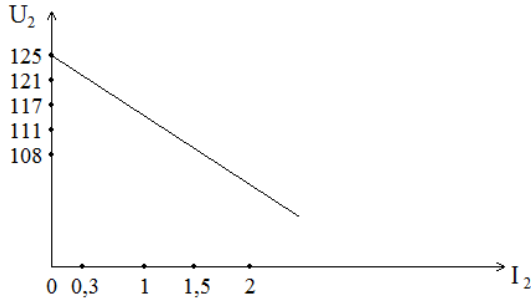


Рис. 5 Пример внешней характеристики автотрансформатора

*Вывод:* .....

**Контрольные вопросы:**

1. Какой трансформатор называется автотрансформатором?
2. Области применения автотрансформаторов.
3. Как протекает намагничивающий ток в повышающем и понижающем автотрансформаторах?
4. С какой целью проводится опыт холостого хода и опыт короткого замыкания автотрансформатора?
5. В чём разница между автотрансформатором и силовым трансформатором?

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ванурин В.Н. Электрические машины: Учебник.— СПб.: Издательство «Лань», 2016.— 304 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Л., 1978. – 832 с.
3. Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 2000.- 463 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ .....	4
2. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 .....	5
3. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 .....	6
4. ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 .....	8
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	9

Авторы:  
Кузнецов Андрей Юрьевич  
Морокин Дмитрий Викторович  
Болотов Денис Сергеевич

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

Методические указания  
для выполнения лабораторно-практических работ

Редактор М.Г Девищенко  
Компьютерная верстка В. Н. Зенина

Подписано к печати 2021 г.  
Объем 0,68 уч.-изд.л., усл. печ. л. 0,68 Формат 60×84<sup>1/16</sup>  
Тираж 10 экз. Изд. № \_\_ Заказ № \_\_

---

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, кааб. 106.  
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru