

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА  
ПОСТОЯННОГО ТОКА  
С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ  
НА СТЕНДЕ НТЦ-03**

**Методические указания к выполнению  
лабораторной работы по дисциплине  
«Электрические машины»**

**Казань 2015**

УДК 621.313  
ББК 31.261.52  
И88

И88      **Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением на стенде НТЦ-03:** методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Электрические машины» / сост.: Р.Ш. Юсупов, П.П. Павлов, А.Н. Хуснутдинов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 15 с.

Методические указания содержат теоретические основы генераторов постоянного тока, последовательность выполнения лабораторной работы по исследованию их характеристик и рекомендации по построению графиков, оформлению выполненной работы.

Предназначены для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.313  
ББК 31.261.52

## Введение

В настоящих указаниях приведены основные теоретические положения генератора постоянного тока и последовательность выполнения лабораторной работы «Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением на стенде НТЦ-03».

Лабораторная работа формирует у студента следующие компетенции:

- способность к самоорганизации и самообразованию;
- способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике;
- способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования.

Стенд многофункциональный и имеет сложную электрическую схему. При неправильных действиях при выполнении лабораторных работ стенд повреждается. Для исключения повреждений стенда необходимо перед работой на стенде выполнить следующие операции:

- проверку отсутствия перемычек, которые использовались в предыдущей лабораторной работе;
- проверку полного соответствия собранной схемы рекомендуемой в настоящих указаниях.

**Внимание!**

1. Не допускается использование измерительных приборов, не указанных в настоящих указаниях.
2. Использование других схем допускается только после согласования с ответственным за стенд.

## **Правила безопасности при работе на электрических установках**

1. При работе на стенде необходимо соблюдать «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

### **Внимание!**

Работа на стенде относится к категории особо опасных. Стенды подключены к трёхфазной системе электропитания с линейным напряжением 380 В.

2. Включение питания стенда и выполнение лабораторной работы производить только после разрешения преподавателя.

3. Сборку электрических схем для проведения лабораторной работы производить при отключенном питании стенда.

4. Перед выполнением работ студенты должны пройти инструктаж в соответствии с инструкцией по технике безопасности по работе в лабораториях кафедры «Электротехнические комплексы и системы» и расписаться в журнале инструктажа.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ НА СТЕНДЕ НТЦ – 03

#### Цель работы

1. Изучение конструкции, принципа действия, параметров, режимов работы генератора постоянного тока (ГПТ) с независимым возбуждением.
2. Приобретение практических навыков по опытному определению характеристик ГПТ.
3. Экспериментально подтвердить теоретические сведения о характеристиках ГПТ.

#### Основные теоретические положения

ГПТ, как и двигатель постоянного тока состоит из статора с обмотками возбуждения, якоря и щеточно-коллекторного узла. Напряжение постоянного тока снимается на нагрузку со щеток.

При вращении якоря в неподвижном магнитном поле генератора в обмотке якоря наводится переменная электродвижущая сила (ЭДС), которая с помощью коллектора и системы токопроводящих щеток преобразуется в ЭДС постоянного напряжения

$$E_{\text{я}} = c_e \Phi n .$$

Из формулы следует, что ЭДС, наводимая в обмотке якоря, вращаемого с постоянной частотой вращения, зависит только от магнитного потока главных полюсов или от тока возбуждения. Зависимость  $E_{\text{я0}} = f(I_{\text{В}})$  при  $I_{\text{НОМ}} = 0$  и  $n = n_{\text{НОМ}}$  называют характеристикой холостого хода.

#### 1. Внешняя характеристика генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Зависимость напряжения  $U$  генератора, работающего на переменную нагрузку, от тока нагрузки  $I_{\text{Н}}$  приемников при неизменном сопротивлении цепи возбуждения и постоянной частоте вращения якоря, представленная графиком  $U = f(I_{\text{Н}})$ , называется внешней характеристикой генератора.

Эта характеристика является основной эксплуатационной характеристикой генератора. Она показывает, как изменяется напряжение  $U$  на выводах машины при возрастании тока нагрузки  $I_H$ , если при этом на цепь возбуждения не оказывается никакого воздействия. Для генератора независимого возбуждения внешнюю характеристику  $U = f(I_H)$  получают при  $I_B = \text{const}$ ,  $R_B = \text{const}$  и  $n = \text{const}$ , т. е. без регулирования в цепи возбуждения, при естественных условиях работы.

Ток возбуждения, соответствующий  $U = U_{\text{ном}}$ , при  $I = I_{\text{ном}}$  называется номинальным током возбуждения  $I_{B.\text{ном}}$ . В процессе эксперимента этот ток поддерживается постоянным.

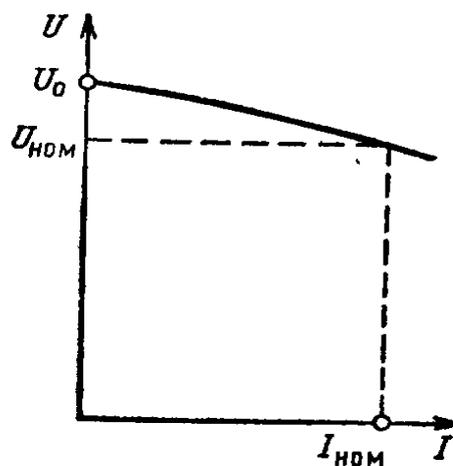


Рис. 1. Внешняя характеристика генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Процентное изменение напряжения генератора  $U\%$  при переходе от номинальной нагрузки к режиму холостого определяют по формуле

$$\Delta U\% = \frac{U_{\text{хх}} - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} 100\% .$$

## 2. Регулировочная характеристика генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Регулирование напряжения ГПТ при переменной нагрузке достигается принудительным изменением тока возбуждения. Зависимость  $I_B = f(I_H)$ , показывающая изменение тока возбуждения от тока нагрузки  $I_H$  для поддержания напряжения  $U = \text{const}$  при  $n = \text{const}$ , называется регулировочной характеристикой генератора.

Как следует из рассмотрения внешней характеристики генератора, при изменении нагрузки напряжение на его выводах не остается постоянным. Для того чтобы сохранить напряжение неизменным, необходимо регулировать ток возбуждения. Закон регулирования тока возбуждения для сохранения неизменным напряжения при изменении нагрузки дает регулировочная характеристика, представляющая собой зависимость  $I_B = f(I)$  при  $U = \text{const}$  и  $n = \text{const}$ .

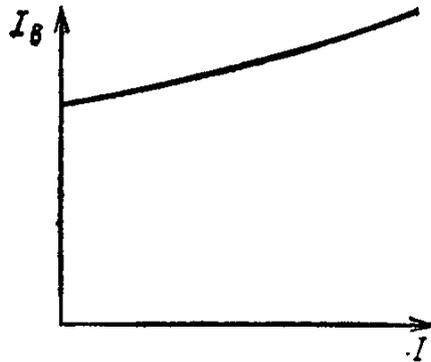


Рис. 2. Регулировочная характеристика генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Начинают снимать ее с холостого хода, когда ток нагрузки  $I_H = 0$ . При увеличении тока нагрузки ток возбуждения  $I_B$  необходимо несколько увеличивать, чтобы компенсировать уменьшение напряжения из-за падения напряжения в цепи якоря и размагничивающего действия реакции якоря.

Напряжение генератора определяется по формуле

$$U = E_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{я}}.$$

### 3. Характеристика короткого замыкания генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Характеристика короткого замыкания  $I = f(i_B)$  при  $U = 0$  и  $n = \text{const}$  для генератора с независимым возбуждением может быть снята только при питании обмотки возбуждения от постороннего источника.

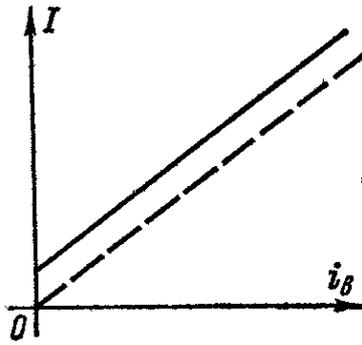


Рис. 3. Характеристика короткого замыкания генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Характеристика короткого замыкания снимается при замыкании выходных зажимов цепи якоря генератора накоротко. Так как  $U = 0$ , то:

$$E = I \cdot R$$

и так как  $R$  мало, то в условиях опыта ЭДС  $E$  также должна быть мала.

При снятии характеристики короткого замыкания электродвижущая сила мала и поэтому магнитный поток мал и машина не насыщена, то зависимость  $I=f(I_B)$  практически прямолинейна (рис. 3). При  $I_B=0$  из-за наличия остаточного магнитного потока ток  $I \neq 0$  и в крупных машинах близок к номинальному току или даже больше его.

В размагниченной машине характеристика короткого замыкания начинается с нуля (штриховая линия на рис. 3). Если характеристика короткого замыкания снята без предварительного размагничивания машины (сплошная линия на рис. 3), то ее также целесообразно перенести параллельно самой себе в начало координат.

### Методика выполнения работы

#### 1. Опыт холостого хода

Соберите схему рис. 4. Включите выключатели ВК1, АВ3.

**ВНИМАНИЕ!** Перед проведением работы убедитесь, что все переключатели ЛАТРов (Т1, Т1.1, Т1.3) установлены в позицию «0». При работе с однофазными ЛАТРами Т1.1 и Т1.3 не допускается одновременное использование трёхфазного ЛАТРа Т1.

Установите  $R1 = \infty$  (перемычки П1 и П2 – отсутствуют), в цепи питания обмотки возбуждения генератора перемычки подключения самой

обмотки установлены в позицию «пр». Включите стенд тумблером «Сеть» (S1), подайте питание на обмотку возбуждения двигателя тумблером S7, включите ЛАТР питания якоря двигателя T1.3 тумблером S5. Увеличивайте напряжение на двигателе (он начнет вращаться в прямом направлении) до получения скорости около 3000 об/мин (исходные установки). Зафиксируйте показания вольтметра V3 для тока возбуждения  $I_B = 0$ . Включите ЛАТР T1.1 тумблером S6, и увеличивайте ток возбуждения генератора до величины около 80 мА. Проведите измерения при токе возбуждения около 40 мА, 60 мА и 80 мА. Запишите в таблицу 1 измеренные параметры:

- ток возбуждения генератора (прибор A4);
- напряжение генератора (прибор V3).

Выключите S6, S5, S7, S1.

Таблица 1

### Результаты эксперимента

	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
$I_B, A$						
$U_{пр}, B$						
$U_{обр}, B$						

Проделайте те же операции при изменении полярности обмотки возбуждения генератора M1 после согласования с преподавателем. Для этого в цепи питания обмотки возбуждения генератора переключки подключения самой обмотки установите в позицию «обр».

### 2. Опыт короткого замыкания

В собранной схеме рис. 4 закоротите якорь генератора, установив переключки П1, П2. Для построения характеристики достаточно снять две точки. При двух значениях тока возбуждения генератора измеряется ток короткого замыкания генератора (прибор A2). По измеренным величинам строится характеристика короткого замыкания. При исходных установках T1.3 (см. пункт 1) повторите все операции и проведите измерения для тока возбуждения 40 мА и 60 мА и запишите в таблицу 2. При существенном изменении частоты вращения двигателя (более 20 %) увеличивайте напряжение на якоре двигателя переключателем ЛАТРа T1.3 до восстановления значения частоты вращения с допуском 20 %.

Выключите S6, S5, S7, S1.

## Результаты эксперимента

	Номер опыта	
	1	2
$I_B, A$		
$I_G, A$		
$n, \text{об/мин}$		

## 3. Внешняя характеристика

В собранной схеме рис. 4 установите переключку П1, снимите переключку П2. Проведите измерения при различных значениях R1 и при исходных установках Т1.3 (см. пункт 1).

При существенном изменении частоты вращения двигателя (более 20 %) увеличивайте напряжение на якоре двигателя переключателем ЛАТРа Т1.3 до восстановления значения частоты вращения двигателя с допуском 20 %.

Изменяя величину сопротивления R1 измерьте и запишите в таблицу 3:

- напряжение генератора М1 (прибор V3);
- ток генератора (прибор А2).

Выключите S6, S5, S7, S1.

Таблица 3

## Результаты эксперимента

	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
$I_G, A$					
$U, B$					

## 4. Регулировочная характеристика

В собранной схеме рис. 4 переключка П1 – установлена, П2 – отсутствует. При исходных установках Т1.3 установите напряжение на выходе генератора около 50 В, изменяя величину нагрузки резистором R1. Изменяя напряжение на обмотке возбуждения ЛАТром Т1.1 при значениях тока возбуждения генератора около 40, 60, 80 мА измерить и записать в таблицу 4:

- ток возбуждения генератора (прибор А4);
- ток генератора (прибор А2).

Выключите S6, S5, S7, S1.

Таблица 4

Результаты эксперимента

	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	6
$I_{Г}, A$						
$I_{B}, A$						

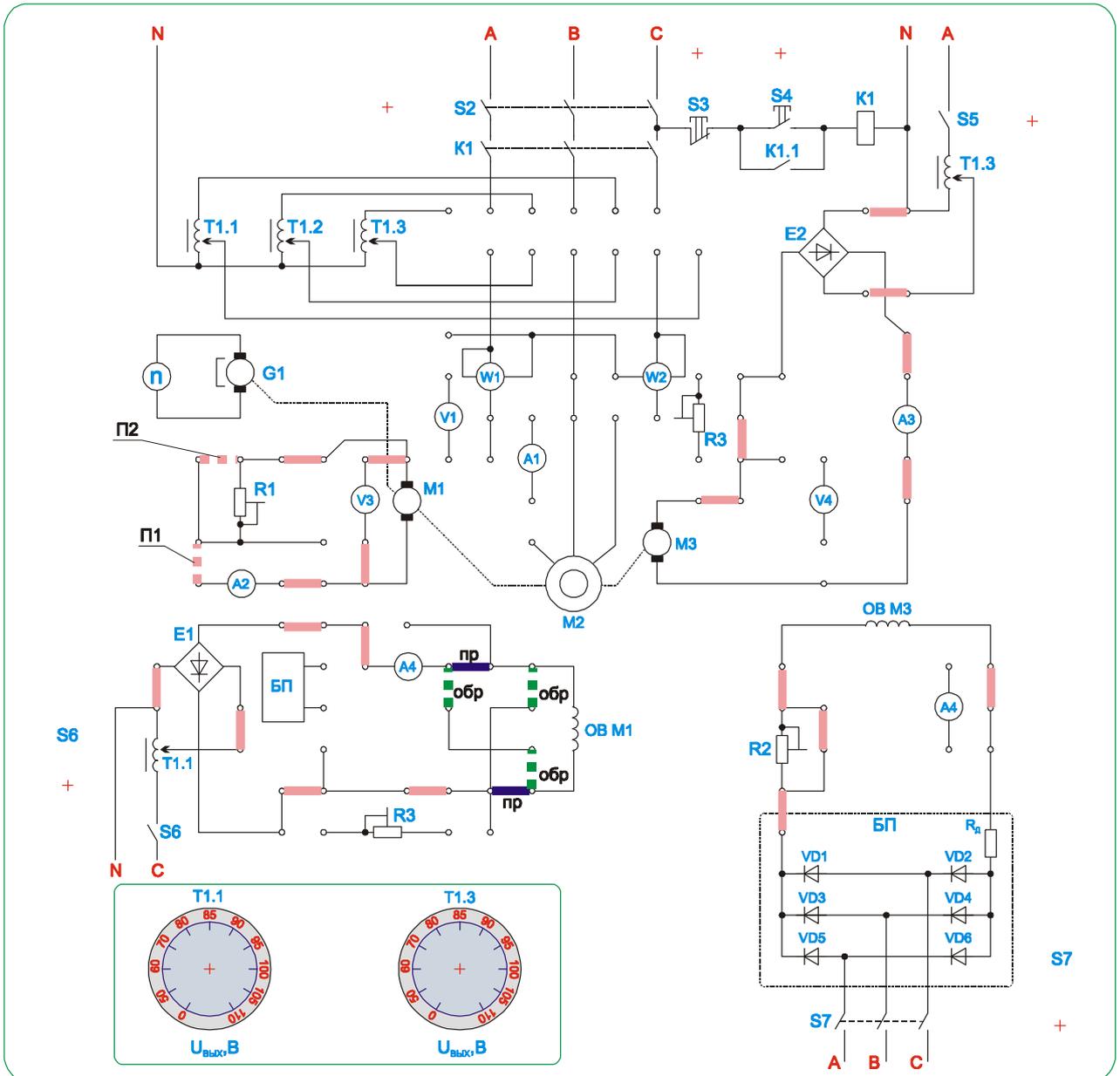


Рис. 4. Схема исследования генератора

## **Обработка результатов лабораторной работы**

1. Постройте характеристику холостого хода генератора.
2. Постройте внешнюю характеристику генератора.
3. Постройте регулировочную характеристику генератора.

### **Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Оборудование и его краткая характеристика.
3. Схема исследования генератора.
4. Программа работы.
5. Таблицы записей показаний приборов.
6. Характеристики: холостого хода, внешняя и регулировочная.
7. Выводы по выполненной лабораторной работе.

В приложении приведены паспортные данные генератора.

### **Контрольные вопросы**

1. Расскажите назначение, устройство и принцип действия ГПТ.
2. Объясните как происходит преобразование механической энергии в электрическую.
3. Объясните от чего зависит ЭДС генератора. Дайте анализ уравнения электрического состояния ГПТ.
4. Определите какие причины вызывают уменьшение выданного напряжения генератора при увеличении нагрузки.
5. Объясните как можно использовать генератор с независимым возбуждением для измерения частоты вращения машин и механизмов.
6. Перечислите способы изменения полярности напряжения нагрузки генератора с независимым возбуждением.
7. Объясните назначение коллектора в ГПТ.
8. Напишите уравнение электрического равновесия в цепи якоря ГПТ.
9. Дайте определение характеристик: холостого хода, внешней и регулировочной. При каких условиях снимают приведенные характеристики. Объясните характер этих зависимостей.

**Список литературы**

1. В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец.. Электрические машины. – М.: Академия, 2013. – 320 с.
2. И.П. Копылов. Проектирование электрических машин. – М.: Юрайт. – 768 с.
3. М.М. Кацман. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу. – М.: Академия, 2004. – 256 с.

## Паспортные данные ГПТ типа СЛ-221

$U_H$ , В	110
$I_H$ , А	0.9
$M_H$ , Нм	0.147
$U_K$ , В	110
$I_K$ , А	0.1
$P_1$ , Вт	99
$P_2$ , Вт	55
$n_H$ , об/мин	4000
	0.55

## Содержание

Введение . . . . .	3
Правила безопасности при работе на электрических установках. . . . .	4
Цель работы . . . . .	5
Основные теоретические положения. . . . .	5
Методика выполнения работы . . . . .	8
Обработке результатов лабораторной работы. . . . .	12
Содержание отчета . . . . .	12
Контрольные вопросы. . . . .	12
Список литературы. . . . .	13
Приложение. . . . .	14

*Учебное издание*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ НА СТЕНДЕ НТЦ-03

Методические указания к выполнению  
лабораторной работы по дисциплине  
«Электрические машины»

Составители: **Юсупов Ренад Шагисламович,**  
**Павлов Павел Павлович,**  
**Хуснутдинов Азат Назипович**

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы» КГЭУ

Редактор редакционно-издательского отдела *К.В. Аршинова*  
Компьютерная верстка *Ю.Ф. Мухаметшина*

Подписано в печать 13.11.15.

Формат 60×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 0,87. Уч.-изд. л. 0,96. Тираж 500 экз. Заказ № 24/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ  
420066, Казань, Красносельская, 51