

**Новосибирский ГАУ**

**Инженерный институт**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

### **Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением**

Методические указания к лабораторной работе

Новосибирск 2017

УДК 621.34 : 63 (075.8)

ББК 40.76, Я76

Э 453

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологий

Составители: канд. техн. наук, доц. ***А.Ю. Кузнецов,***  
***П.В. Зонов,***  
***Д.С. Болотов***

Рецензент доц., канд. техн. наук, ***А.Т. Калюжный***

**Автоматизированный электропривод. Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением:** метод. указания к лаб. раб. / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Инженер. ин-т; сост.: А.Ю. Кузнецов, П.В. Зонов, Д.С. Болотов. – Новосибирск: ИЦ НГАУ "Золотой колос", 2017. – 23с.

В методических указаниях приведено описание лабораторного стенда и программы лабораторной работы, а также содержится теоретический материал и контрольные вопросы, необходимые для подготовки, выполнения и последующей защиты лабораторной работы.

Предназначены для студентов всех форм обучения по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 – Агроинженерия, по профилю - Электрооборудование и электротехнологии в агропромышленном комплексе.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол №8 от 28 марта 2017 г.).

© Новосибирский ГАУ, 2017

## **Введение**

**Цель работы** – ознакомление с устройством, принципом действия генератора постоянного тока с независимым возбуждением, исследование свойств генератора в режимах холостого хода и при нагрузке.

### **Программа работы**

1. Ознакомиться с лабораторным стендом и схемой его электрической цепи (рис. 1). Записать паспортные данные генератора постоянного тока (ГПТ) с независимым возбуждением (НВ).
2. Запустить и возбудить генератор в режиме холостого хода.
3. Экспериментально снять  $E (I_B)$  – характеристику холостого хода ГПТ.
4. Снять внешние характеристики генератора  $U(I)$  в режиме независимого возбуждения.
5. Снять регулировочную характеристику генератора  $I_B(I)$ .
6. По экспериментальным данным построить характеристики холостого хода: внешние и регулировочную.
7. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

### **Пояснения к работе**

Принцип действия генератора постоянного тока основан на использовании явления электромагнитной индукции – наведения ЭДС в проводниках при их перемещении в магнитном поле:  $E = c_e \cdot \Phi \cdot n$ . Чтобы машина постоянного тока 2М работала в режиме генератора, необходимо возбудить постоянное магнитное поле путем пропускания постоянного тока по обмотке возбуждения ОВ2М и привести якорь

машины во вращение приводным двигателем 1М (трехфазный асинхронный двигатель).

Основные рабочие свойства генераторов отражаются на характеристиках:

1. Характеристика холостого хода  $E(I_B)$  при отсутствии нагрузки ( $I_2 = 0$ ) оценивает свойства магнитной системы машины. Ток возбуждения  $I_B$  при выполнении лабораторной работы измеряется амперметром РА3, поэтому при выполнении данной работы будем обозначать ток возбуждения  $I_3$ .

2. Внешняя характеристика  $U(I)$  при  $R_B = \text{const}$  показывает, как изменяется напряжение  $U$  на выходе генератора (во внешней электрической цепи) при изменении тока нагрузки  $I$ . В данной лабораторной работе ток  $I$  в цепи якоря измеряется амперметром РА2, поэтому будем обозначать ток нагрузки  $I_2$ .

3. Регулировочная характеристика  $I_B(I)$  показывает, как необходимо изменять величину тока  $I_3$  в цепи возбуждения, чтобы при изменении нагрузки генератора напряжение на его зажимах оставалось неизменным. В данной лабораторной работе эта характеристика будет выражаться зависимостью  $I_3(I_2)$ .

Образец оформления титульного листа лабораторной работы приведен в приложении.

### 1. Теоретическое обоснование лабораторной работы

**Устройство машины постоянного тока.** По конструктивному выполнению машина постоянного тока (рис. 2) подобна обращённой синхронной машине, у которой обмотка якоря расположена на роторе, а обмотка возбуждения – на статоре. Основное отличие заключается в том,

что машина постоянного тока имеет на якоре *коллектор*, а на статоре кроме главных полюсов с обмоткой возбуждения – *добавочные полюсы*, которые служат для уменьшения искрения под щетками.

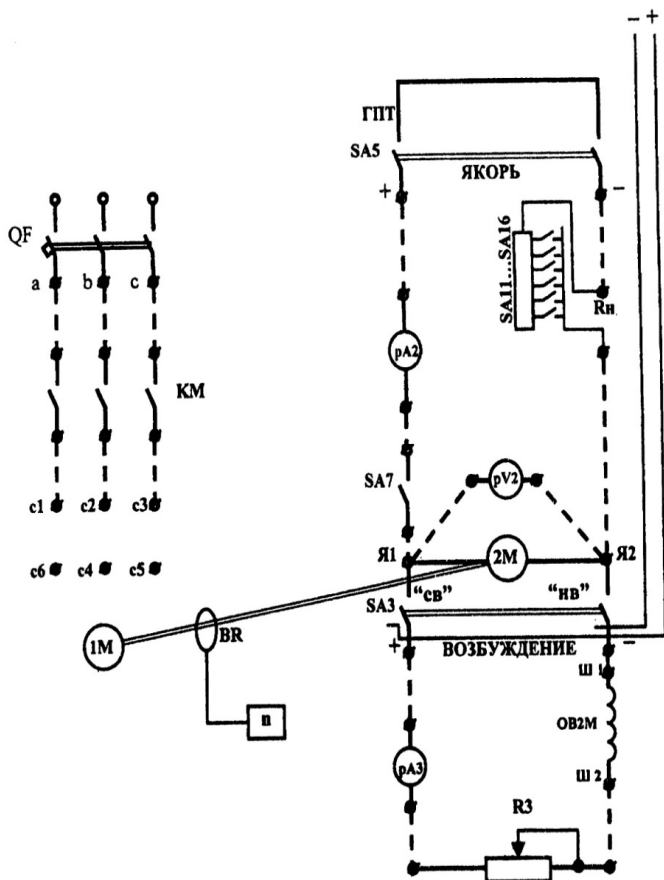


Рис. 1. Принципиальная схема электрической цепи для исследования генератора постоянного тока с независимым возбуждением

**Статор.** На статоре расположены главные полюсы с катушками обмотки возбуждения и добавочные полюсы (на рис. 2 не показаны) с соответствующими катушками. Полюсы крепят болтами к стальному корпусу, который является частью магнитной цепи машины. Главные полюсы (рис. 3) выполняют шихтованными (из стальных штампованных листов), а добавочные – массивными или также шихтованными.

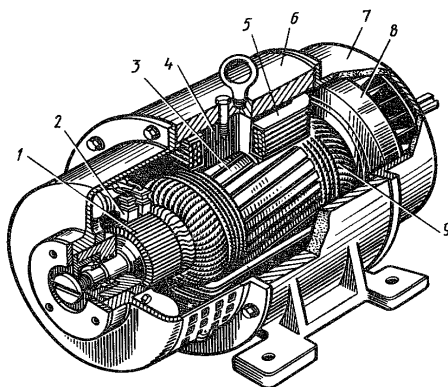


Рис. 2. Устройство машины постоянного тока: 1 – коллектор; 2 – щетки; 3 – сердечник якоря; 4 – главный полюс; 5 – подушки обмотки возбуждения; 6 – корпус (станины); 7 – подшипниковый щит; 8 – вентилятор; 9 – обмотка якоря

По станине и полюсам замыкается постоянный магнитный поток, поэтому выполнение полюсов массивными или из листов определяется в основном удобствами технологии. Стальные листы спрессовывают под давлением и скрепляют заклепками и нажимными щечками, установленными по краям каждого полюса. Шихтованными должны быть только концы главных полюсов, так как при вращении зубчатого якоря из-за пульсации магнитного потока в воздушном зазоре в них возникают вихревые токи и потери мощности. Однако по условиям технологии обычно выполняют шихтованным весь полюс. Полюсы крепят

к станине болтами; резьбу для болтов нарезают непосредственно в шихтованном сердечнике полюса (см. рис. 3, *а*) либо в массивных стальных стержнях, которые вставляют в выштампованные отверстия в полюсах (см. рис. 3, *б*).

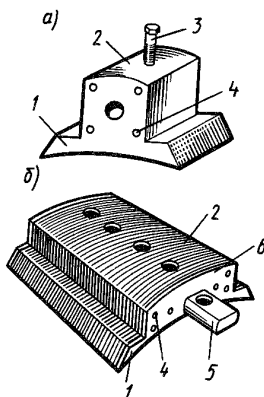


Рис. 3. Устройство главных полюсов: 1 – полюсный наконечник; 2 – сердечник полюса; 3 – установочный болт; 4 – заклепки; 5 – установочный стержень; 6 – нажимные щеки

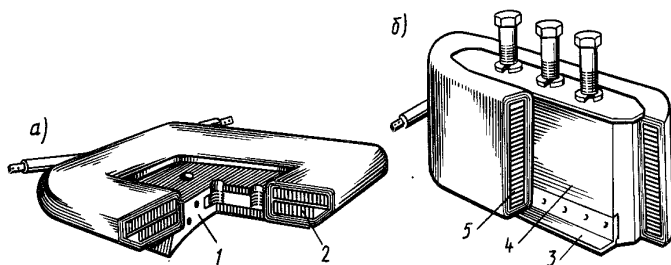


Рис. 4. Устройство катушек главных (*а*) и добавочных (*б*) полюсов: 1 – главный полюс; 2 – катушка обмотки возбуждения; 3 – опорный угольник; 4 – добавочный полюс; 5 – катушка обмотки добавочных полюсов

Катушки главных и добавочных полюсов изготавливают из изолированного медного провода круглого или прямоугольного сечения. Катушки машин малой мощности выполняют из тонкой проволоки; последовательные катушки обмоток возбуждения и добавочных полюсов – из полосовой меди (рис. 4). Расположенную на полюсе обмотку иногда разбивают на несколько катушек (секций) для лучшего ее охлаждения. При секционном выполнении катушек между отдельными секциями устанавливают дистанционные шайбы из изоляционного материала, посредством которых образуются вентиляционные каналы.

**Якорь.** Сердечник якоря, так же как в синхронной машине, собирают из изолированных листов электротехнической стали (рис. 5).

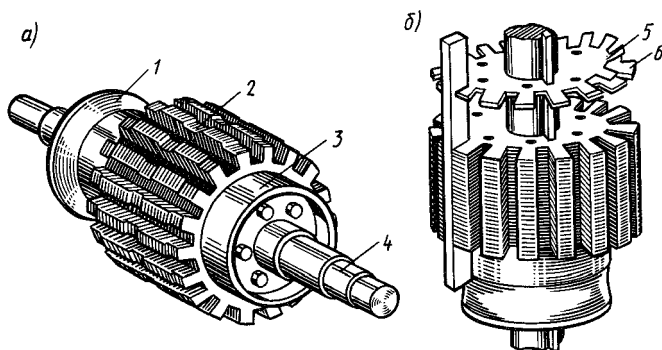


Рис. 5. Устройство сердечника якоря (а) и его сборка (б):

1,3 – нажимные шайбы (обмоткодержатели); 2 – выточки для наложения бандаж; 4 – место для запрессовки коллектора; 5 – изоляционная пленка; 6 – стальной лист

Обмотку якоря изготавливают из провода круглого или прямоугольного сечения; обычно она состоит из отдельных, заранее намотанных, якорных катушек (рис. 6), которые обматывают изоляционными лентами и укладывают в пазы сердечника якоря.



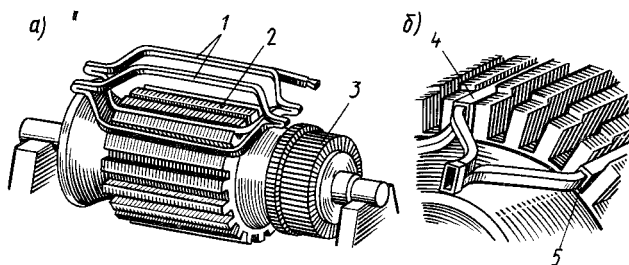


Рис. 6. Устройство якорных катушек (а) и расположение их в пазах (б):

1 – якорные катушки; 2 – сердечник якоря; 3 – коллектор;

4,5 – верхняя и нижняя стороны якорной катушки

Обмотку выполняют двухслойной; в каждом пазу укладывают две стороны различных якорных катушек – одну поверх другой. Каждая якорная катушка включает в себя несколько секций, концы которых припаивают к соответствующим коллекторным пластинам; секции могут быть одно- и многовитковыми.

**Коллектор.** Обычно коллектор выполняют в виде цилиндра (рис. 7), собранного из клинообразных пластин твердотянутой меди; между пластинами располагают изоляционные прокладки из слюды или миканита. Узкие края коллекторных пластин имеют форму ласточкина хвоста; после сборки коллектора их зажимают между корпусом и нажимным фланцем (см. рис. 7, а) и изолируют манжетами из миканита. Секции обмотки якоря впаивают в прорези, имеющиеся в выступающей части коллекторных пластин.

В машинах малой и средней мощности широко применяют коллекторы, в которых медные пластины и миканитовые прокладки запрессованы в пластмассу (см. рис. 7, б). Поверхность собранного

коллектора обтачивают на токарном станке и тщательно шлифуют. Чтобы миканитовые прокладки при срабатывании коллектора не выступали над пластинами и не вызывали вибрации щеток, их необходимо обработать фрезой на 0,8-1,5 мм ниже поверхности коллектора.

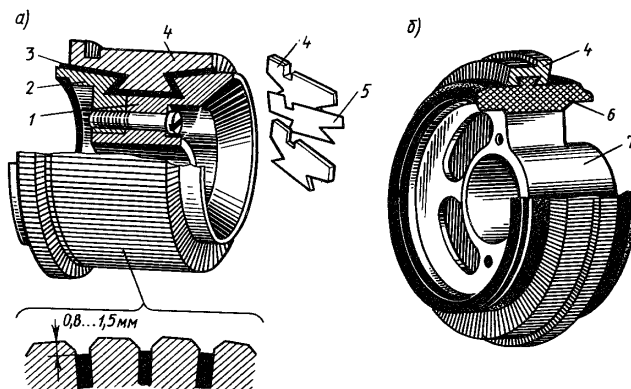


Рис. 7. Устройство коллектора машины постоянного тока с металлическим (а) и пластмассовым (б) корпусом: 1 – корпус; 2 – нажимный фланец; 3 – изоляционные манжеты; 4 – коллекторные пластины; 5 – изоляционные прокладки; 6 – пластмасса; 7 – втулка

**Щеточный аппарат.** По цилиндрической части коллектора скользят щетки, установленные в щеткодержателях. Щетки представляют собой прямоугольные бруски, изготовленные путем прессовки и термической обработки из порошков графита, кокса и других компонентов. Они предназначены для соединения коллектора с внешней цепью и прижимаются к поверхности коллектора пружинами (см. рис. 8, а).

При вращении якоря щетки сохраняют неизменное положение относительно полюсов машины. Щеткодержатели укрепляют на щеточных пальцах и изолируют от них. Щеточные пальцы, в свою очередь, крепят либо к подшипниковому щиту, либо к траверсе, которая позволяет при

необходимости поворачивать всю систему щеток относительно полюсов машины. В машинах малой мощности часто применяют трубчатые щеткодержатели (см. рис. 8, б), устанавливаемые непосредственно в подшипниковом щите. В зависимости от состава, способа изготовления и физических свойств щетки (рис. 9) делят на шесть основных групп: угольно-графитные, графитные, электро-графитированные, медно-графитные, бронзо-графитные и серебряно-графитные. Для каждой машины следует применять щетки только установленной марки, которая выбирается заводом-изготовителем, исходя из условий работы машины.

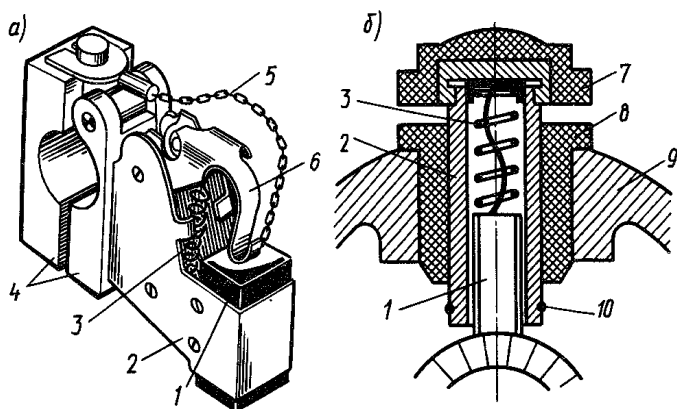


Рис. 8. Устройство щеткодержателей машин средней (а) и малой (б) мощностей: 1 – щетка; 2 – обойма; 3 – пружина; 4 – зажимы для крепления к щеточному пальцу; 5 – щеточный канатик; 6 – нажимный палец; 7 – колпак; 8 – изоляционная втулка; 9 – подшипниковый щит; 10 – зажим для выводного проводника

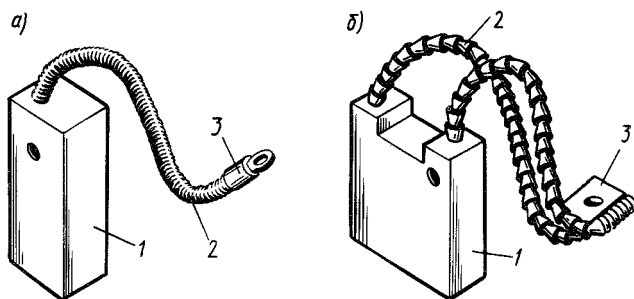


Рис. 9. Устройство щеток машин малой (а) и большой (б) мощностей: 1 – щетка; 2 – щеточный канатик; 3 – кабельный наконечник

**Генератор с независимым возбуждением.** В генераторе этого типа (рис. 10) ток возбуждения  $I_B$  не зависит от тока якоря  $I_A$ , который равен току нагрузки  $I_H$ . Ток  $I_B$  определяется только положением регулировочного реостата  $R_{p.v.}$ , включенного в цепь обмотки возбуждения:

$$I_B = U_B / (R_B + R_{p.v.}), \quad (1)$$

где  $U_B$  – напряжение источника питания;  $R_B$  – сопротивление обмотки возбуждения;  $R_{p.v.}$  – сопротивление регулировочного реостата.

Обычно ток возбуждения невелик и составляет 1–3 % от номинального тока якоря. Основными характеристиками, определяющими свойства генераторов постоянного тока, являются характеристики: холостого хода, внешняя, регулировочная и нагрузочная.

*Характеристикой холостого хода* (рис. 11, а) называют зависимость  $U_0 = f(I_B)$  при  $I_H = 0$  и  $n = \text{const}$ . При холостом ходе машины, когда цепь нагрузки разомкнута, напряжение  $U_0$  на зажимах обмотки якоря равно ЭДС  $E_0 = c_e \cdot \Phi_n$ . Частота вращения якоря  $n$  поддерживается

неизменной, и напряжение при холостом ходе зависит только от магнитного потока  $\Phi$ , т. е. тока возбуждения  $I_B$ .

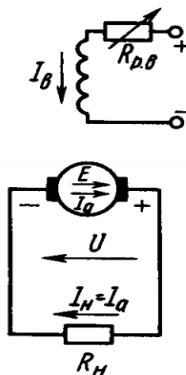


Рис. 10. Принципиальная схема генератора постоянного тока с независимым возбуждением

Поэтому характеристика  $U_0 = f(I_B)$  подобна магнитной характеристике  $\Phi = f(I_B)$ . Характеристику холостого хода легко получить экспериментально. Для этого сначала устанавливают ток возбуждения таким, чтобы  $U_0 \approx 1,25 \cdot U_{\text{ном}}$ , затем уменьшают ток возбуждения до нуля и снова увеличивают его до прежнего значения. При этом получаются восходящая и нисходящая ветви характеристики, которые выходят из одной точки. *Расхождение ветвей объясняется наличием гистерезиса в магнитопроводе машины.* При  $I_B = 0$  в обмотке якоря потоком остаточного магнетизма индуцируется остаточная ЭДС  $E_{\text{ост}}$ , которая составляет 2–4 % от  $U_{\text{ном}}$ .

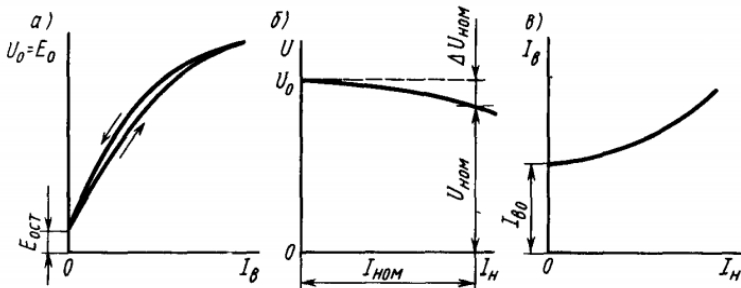


Рис. 11. Характеристики генератора с независимым возбуждением: а) характеристика холостого хода; б) внешняя характеристика; в) регулировочная характеристика

Внешней характеристикой (см. рис. 11, б) называют зависимость  $U = f(I_H)$  при  $n = \text{const}$  и  $I_B = \text{const}$ . В режиме нагрузки напряжение генератора

$$U = E - I_B \cdot \sum R_a, \quad (2)$$

где  $\sum R_a$  — сумма сопротивлений всех обмоток, включенных последовательно в цепь якоря (обмоток якоря, добавочных, полюсов и компенсационной).

С увеличением нагрузки на уменьшение напряжения  $U$  влияют:

- 1) падение напряжения во внутреннем сопротивлении  $\sum R_a$  машины;
- 2) уменьшение ЭДС  $E$  в результате размагничивающего действия реакции якоря.

Изменение напряжения при переходе от режима номинальной нагрузки к режиму холостого хода

$$\Delta U = (U_0 - U_{ном}) / U_{ном}. \quad (3)$$

Для генераторов с независимым возбуждением оно составляет 5–15%.

Регулировочной характеристикой (см. рис. 11, в) называют зависимость  $I_b = f(I_n)$  при  $U = \text{const}$  и  $n = \text{const}$ . Она показывает, каким образом следует регулировать ток возбуждения, чтобы поддерживать постоянным напряжение генератора при изменении нагрузки. Очевидно, что в этом случае по мере роста нагрузки нужно увеличивать ток возбуждения.

Нагрузочной характеристикой (рис. 12) называют зависимость  $U = f(I_b)$  при  $n = \text{const}$  и  $I_n = \text{const}$ . Нагрузочная характеристика при  $I_n = I_{\text{ном}}$  (кривая 2) проходит ниже характеристики холостого хода (кривая 1), которую можно рассматривать как частный случай нагрузочной характеристики при  $I_n = 0$ . Разность ординат кривых 1 и 2 обусловлена размагничивающим действием реакции якоря и падением напряжения во внутреннем сопротивлении  $\sum R_a$  машины.

## 2. Описание лабораторного стенда

Напряжение на стенд подается включением автоматического выключателя  $QF$ , после чего загораются индикаторные лампочки, сигнализирующие о наличии питающего напряжения на всех трех фазах стенда.

Напряжение на обмотки статора приводного асинхронного двигателя 1М подается с помощью магнитного пускателя КМ при нажатии кнопки  $SB2$  (Пуск), отключается двигатель нажатием кнопки  $SB1$  (Стоп). Способ соединения фазных обмоток статора выбирается с учетом линейного напряжения питающей сети ( $U_{\text{л}} =$

=220 В) и номинального фазного напряжения обмоток статора (при  $U_H = 220/380$  В;  $U_\Phi = 220$  В).

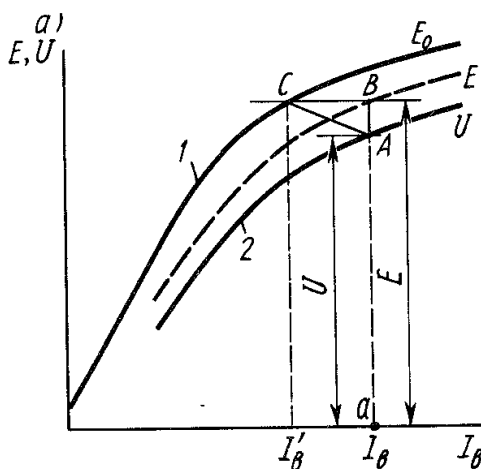


Рис. 12. Нагрузочная характеристика генератора с независимым возбуждением

Генератор постоянного тока 2М имеет две электрические цепи: цепь якоря (главная цепь) и цепь возбуждения. В цепь якоря (выводы Я1 и Я2 на панели выводов обмоток электрических машин) включаются выключатель  $SA7$ , подключающий к зажимам генератора внешнюю электрическую цепь, нагрузочный реостат  $R_H$  с выключателями  $SA11 - SA16$  для изменения тока нагрузки генератора, переключатель  $SA5$  (выводы + и - «якорь») – для переключения машины постоянного тока 2М в режим генератора (ГПТ), измерительные приборы  $PA2$  (амперметр) и  $PV2$  (вольтметр). В цепь обмотки возбуждения (выводы Ш1 и Ш2 на панели выводов) включаются регулировочный реостат  $R3$  для изменения тока возбуждения (приводящего к изменению магнитного потока),



переключатель режимов возбуждения  $S_{A3}$  (выводы + и – «возбуждение») – для переключения генератора в режим независимого возбуждения (положение «НВ») и амперметр  $P_{A3}$ .

### 3. Порядок выполнения работы

1. Подготовить стенд к проведению эксперимента:

1.1. Убедиться, что все устройства отключены от электрической сети (все выключатели выключены).

1.2. Собрать электрическую цепь в соответствии со схемой, представленной на рис. 12. При выборе измерительных приборов следует учитывать род тока и номинальные значения тока и напряжения генератора (ток  $I_3$  цепи возбуждения не превышает 1 А).

1.3. Установить: переключатели режимов работы ГПТ:  $S_{A5}$  – в положение «ГПТ»;  $S_{A7}$  – в положение «Откл»;  $S_{A3}$  – в положение «НВ»; переключатель режимов АД  $S_{A1}$  – в положение «АД»; обмотки статора АД соединить треугольником.

1.4. Реостат в цепи возбуждения  $R_3$  – ввести ( $R = \max$ ).

2. Возбудить ГПТ:

2.1. Включить автоматический выключатель  $QF$  и нажатием кнопки  $SB_2$  запустить АД.

2.2. Увеличивая ток возбуждения выводением реостата  $R_3$ , убедиться по показанию вольтметра, что ГПТ возбуждается (напряжение возрастает). Если ГПТ не возбуждается, то необходимо изменить направление возбуждаемого магнитного потока, для чего после введения реостата  $R_3$  и переключения переключателя  $S_{A3}$  в положение «Откл» поменять местами провода, соединенные с выводами Ш1 и Ш2 обмотки возбуждения. Одновременно обратить внимание на полярность подключения измери-

тельных приборов. В случае отклонения стрелок измерительных приборов в обратную сторону отключить АД кнопкой  $SB1$  (Стоп) и изменить полярность подключения соответствующих приборов.

Переключатель  $SA3$  установить в положение «НВ» и нажатием кнопки  $SB2$  (Пуск) включить приводной АД. Выводя реостат  $R3$ , убедиться, что ГПТ возбуждается, после чего полностью ввести реостат  $R3$  и переключатель  $SA3$  установить в положение «Откл».

3. Снять характеристику холостого хода  $E$  ( $I_3$ ):

3.1. Записать в табл. 1 значение остаточной ЭДС  $E$  при  $I_3 = 0$  ( $SA3$  – в положении «Откл»).

3.2. Установить переключатель  $SA3$  в положение «НВ» и, плавно увеличивая реостатом  $R3$  ток  $I_3$  в цепи возбуждения (желательно устанавливать значения  $I_3$ , указанные в табл. 1), записать соответствующие значения ЭДС ( $E$ ) в табл. 1.

Таблица 1

**Определение характеристики холостого хода ГПТ  $E$  ( $I_3$ )**

$I_3, \text{A}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$E=U_{20}, \text{В}$											

4. Снять внешнюю характеристику ГПТ  $U(I)$  при  $R3 = \text{const}$ :

4.1. Установить реостатом  $R3$  максимальный ток возбуждения  $I_3$  (реостат  $R3$  полностью вывести). Записать значение  $U_2$  при токе нагрузки  $I_2 = 0$  в табл. 2.

4.2. Включить выключатель  $SA7$  и постепенно нагружать генератор, увеличивая ток нагрузки  $I_2$  поочередным включением выключателей  $SA11$  –  $SA16$ . Показания приборов  $PA2$  ( $I_2$ ) и  $PV2$  ( $U_2$ ) записывать в табл. 2.

Отключить выключатели  $SA11 - SA16$  и  $SA7$ .

4.3. Установить переключатель  $SA3$  в положение «НВ» (независимое возбуждение). Реостатом  $R3$  установить напряжение  $U_2$ , равное значению при  $I_2 = 0$ , в режиме «НВ».

Повторить п. 4.2.

Таблица 2

**Определение внешних характеристик ГПТ  $U_2(I_2)$**

НВ	$I_2, A$	0						
	$U_2, B$							

5. Снять регулировочную характеристику ГПТ  $I_B(I)$ :

5.1. Выключатели  $SA11 - SA16$  и  $SA7$  установить в положение «Откл».

5.2. Установить, изменяя ток возбуждения ГПТ реостатом  $R3$ , напряжение  $U_2 = 50 B$  и записать его значение над табл. 3. Записать значение тока возбуждения  $I_3$  при отсутствии нагрузки ( $I_2 = 0$ ) в табл. 3.

5.3. Включить выключатель  $SA7$  и, поочередно включая выключатели  $SA11 - SA16$ , увеличивать ток нагрузки  $I_2$ , поддерживая реостатом  $R3$  постоянное значение напряжения  $U_2 = 50 B$ . Показания приборов  $PA2(I_2)$  и  $PA3(I_3)$  записать в табл. 3.

Таблица 3

**Определение регулировочной характеристики ГПТ  $I_3(I_2)$**

$I_2, A$	0						
$I_3, A$							

5.4. После окончания эксперимента разгрузить ГПТ, отключив выключатели  $SA11$  –  $SA16$  и  $SA7$ . Нажатием кнопки  $SB1$  (Стоп) выключить приводной АД и отключить автоматический выключатель  $QF$ .

6. По полученным опытным данным построить графики характеристик:

- холостого хода  $E$  ( $I_3$ );
- внешние  $U_2$  ( $I_2$ ) при независимом возбуждении (НВ);
- регулировочную  $I_3$  ( $I_2$ ).

#### 4. Содержание отчета

1. Титульный лист (прил.).
2. Цель и программа лабораторной работы.
3. Принципиальная электрическая схема стенда в соответствии с рис. 1.
4. Таблицы с внесенными данными измерений и вычислений по результатам опытов.
5. Основные расчетные формулы и примеры расчетов механических и скоростных характеристик в каждом режиме.
6. Графики механических и скоростных характеристик ГПТ НВ – отдельно; на каждом из графиков приводятся характеристики всех режимов двигателя, полученные опытным и расчетным методами. Опытные и расчетные характеристики должны отличаться между собой расцветкой или типом линий. Выполнение графической части должно удовлетворять требованиям ЕСКД.
7. Заключение по лабораторной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Поясните устройство машины постоянного тока и назначение основных узлов генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
2. Поясните свойства генератора постоянного тока, используя его основные характеристики.
3. Объясните, при каких условиях возможно применение генератора постоянного тока с независимым возбуждением.
4. Объясните протекающие электрохимические процессы в генераторе постоянного тока с независимым возбуждением.
5. Поясните назначение и работу коллектора генератора постоянного тока.
6. Объясните явление реакции якоря и назначение дополнительных полюсов.
7. Какие факторы и каким образом влияют на снижение напряжения на зажимах генератора постоянного тока с независимым возбуждением при увеличении нагрузки?

### Библиографический список

1. *Алексеев В.В.* Электрический привод: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Алексеев, А.Е. Козярук. – М.: «Академия», 2008. – 200 с.
2. *Беспалов В.Я.* Электрические машины / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М.: Академия, 2008. – 316 с.
3. *Ильинский Н.Ф.* Основы электропривода. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 222 с.
4. *Епифанов А.П.* Электропривод в сельском хозяйстве: учеб. для вузов. – СПб.: Лань, 2010. – 224 с.
5. *Москаленко В.В.* Электрический привод. учеб. для студ. высш. учеб. заведений – М.: «Академия», 2007. – 368 с.

### Содержание

Введение.....	3
1. Теоретическое обоснование лабораторной работы.....	4
2. Описание лабораторного стенда.....	15
3. Порядок выполнения работы.....	17
4. Содержание отчета.....	20
Контрольные вопросы.....	21
Библиографический список.....	22
Приложение.....	23

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

### ***Образец титульного листа***

---

Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
Инженерный институт

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологий  
Дисциплина «Автоматизированный электропривод»

### **Лабораторная работа №2**

**Исследование генератора постоянного тока  
с независимым возбуждением**

Выполнил: студент \_\_\_\_ группы  
Стародубуев А.Л.  
Зачетная книжка №: \_\_\_\_  
Проверил: Кузнецов А.Ю.

Новосибирск 2017

**Составители:** Кузнецов Андрей Юрьевич  
Зонов Павел Владимирович  
Болотов Денис Сергеевич

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД**

### **Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением**

Методические указания к лабораторной работе

Редактор Т.К. Коробкова  
Компьютерная верстка Т.А. Измайлова

Подписано к печати \_\_\_\_\_ 2017 г. Формат 60×84<sup>1/16</sup>  
Объем 1,1 уч.-изд.л., 1,1 усл. Печ.л.  
Тираж 100 экз. Изд. № Заказ №

---

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