

5. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

5.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

5.1.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию и принцип действия генератора постоянного тока. Приобрести практические навыки получения характеристик генератора независимого возбуждения; экспериментально подтвердить сведения о генераторе постоянного тока.

5.1.2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.1.2.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

5.1.2.2. Получить характеристики: холостого хода, нагрузочную, внешнюю, регулировочную, короткого замыкания.

5.1.2.3. Проанализировать полученные характеристики и сделать основные выводы.

5.1.3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторная работа дает возможность качественно и количественно оценить эксплуатационные свойства генератора постоянного тока независимого возбуждения.

Электрическая схема для исследования генератора изображена на рис. 5.1.1. Якорь генератора G приводится во вращение асинхронным двигателем M . Обмотку возбуждения F генератора подключают к источнику постоянного тока переключателями $SA1$ и $SA2$. Кроме того, переключатель $SA1$ служит для изменения полярности напряжения на обмотке возбуждения F . Регулирование тока возбуждения осуществляется резистором $R1$. Переключатель $SA3$ служит для выбора режима работы генератора: холостой ход, нагрузка, короткое замыкание. Резистор $R2$ является регулируемой нагрузкой генератора G при переключении $SA3$ в поз.2. Для защиты генератора от аварийных коротких замыканий в цепи якоря установлен автоматический выключатель Q .

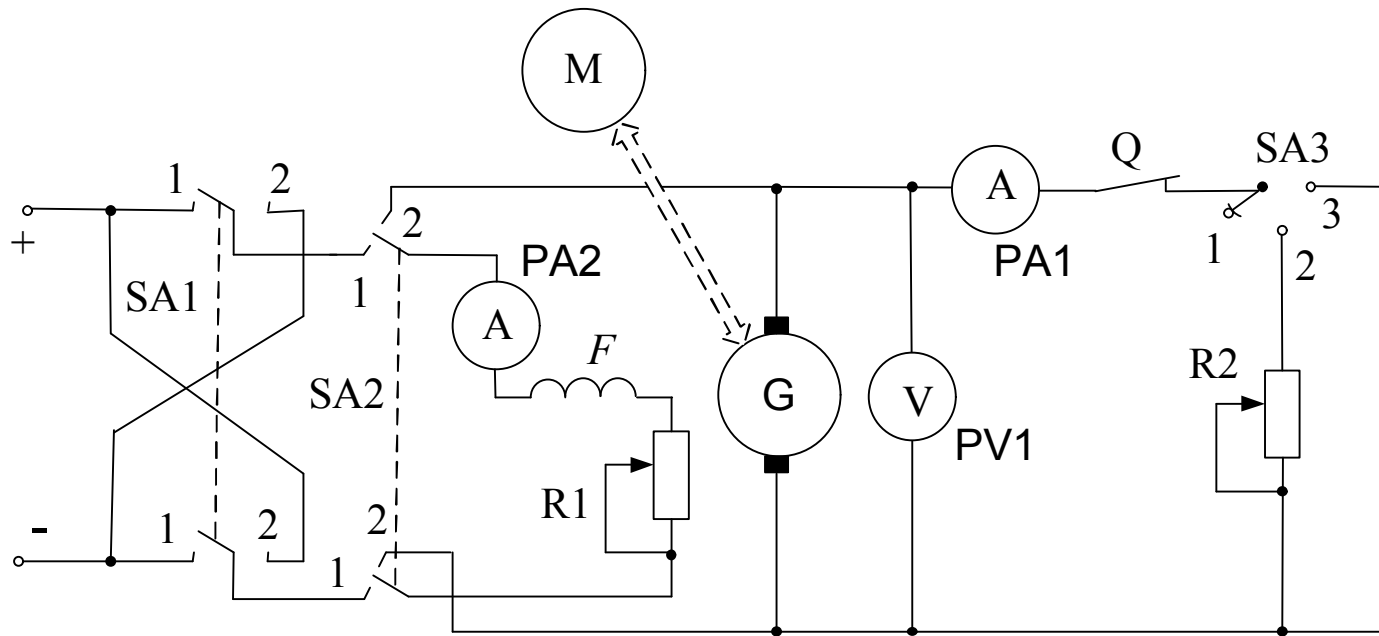


Рис.5.1.1. Электрическая схема для исследования генератора постоянного тока

5.1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДА

Зависимость ЭДС генератора E от тока возбуждения I_{ϕ} при отсутствии тока якоря ($I_a = 0$) и неизменной частоте вращения ($n = const$) называют характеристикой холостого хода $E = f(I_{\phi})$.

Характеристика холостого хода (ХХХ) снимается при разомкнутой цепи якоря (переключатель SA3 в поз. 1). Запускают приводной двигатель М. Резистором R1 изменяют ток возбуждения и устанавливают ЭДС генератора $E = (1,2 \div 1,3)U_n$. Это первая точка характеристики холостого хода. Плавное уменьшение тока возбуждения до нуля, записывают в табл. 5.1.1 5÷6 значений E и I_{ϕ} . Затем изменяют направление тока в обмотке возбуждения (переключатель SA1 в поз. 2). Увеличивают ток возбуждения до тех пор, пока ЭДС генератора другой полярности снова достигнет $E = (1,2 \div 1,3)U_n$ и 5÷6 значений E и I_{ϕ} заносят в табл. 5.1.1. При этом получают «нисходящую» ветвь ХХХ.

Таблица 5.1.1

Характеристика холостого хода

№ опыта	Нисходящая ветвь		№ опыта	Восходящая ветвь		Примечание
	I_{ϕ}	E		I_{ϕ}	E	
	А	В		А	В	
1 ÷ 12			1 ÷ 12			$U_n = \quad, В$ $E_{oc} = \quad, В$ $E_{oc}\% =$ $K_n =$

Затем опыт повторяют в обратном направлении, т.е. уменьшают ток I_{ϕ} до нуля (5÷6 значений), меняют направление тока в обмотке возбуждения, увеличивают его до значения, при котором $E = (1,2 \div 1,3)U_n$ (5÷6 точек) и получают «восходящую» ветвь ХХХ.

Расчетную ХХХ проводят как среднюю линию между «нисходящей» и «восходящей» ветвями. Расчетная ХХХ проходит через начало координат. По результатам опыта определяют процентное значение остаточной ЭДС

$$E_{oc}\% = 100E_{oc} / U_n. \quad (5.1.1)$$

По расчетной ХХХ определяют коэффициент насыщения магнитной цепи генератора K_n для номинального значения ЭДС

$$E_{ан} = U_n + I_{ан}R_a, \text{ В}, \quad (5.1.2)$$

где R_a – сопротивление цепи якоря.

5.1.5. НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость напряжения U на зажимах якоря генератора от тока возбуждения I_ϵ при неизменной величине тока якоря (тока нагрузки) ($I_a = const$) и неизменной частоте вращения ($n = const$) называют нагрузочной характеристикой $U = f(I_\epsilon)$.

Характеристику рекомендуется снимать для номинального тока якоря $I_{ан}$. При опытном определении нагрузочной характеристики обмотку якоря подключают к нагрузочному резистору R2 (переключатель SA3 в поз. 2).

Предлагается следующий порядок определения нагрузочной характеристики. При холостом ходе генератора, регулируя ток возбуждения I_ϵ , устанавливают $E = (1,2 \div 1,3)U_n$. Затем замыкают цепь нагрузки (переключатель SA3 в поз. 2) и с помощью нагрузочного резистора R2 устанавливают номинальное значение тока в цепи якоря $I_{ан}$. Это будет первая точка нагрузочной характеристики. Затем немного уменьшают ток возбуждения. При этом ток якоря и напряжение так же уменьшатся. Чтобы выполнить условие $I_a = I_{ан}$ резистором R2 устанавливают номинальный ток якоря. Уменьшение тока возбуждения I_ϵ при сохранении условия $I_a = I_{ан}$ повторяют до шести раз, вплоть до состояния, когда $U = 0$. Результаты исследований записывают в табл. 5.1.2.

Таблица 5.1.2

Нагрузочная характеристика

№ опыта	U	I_ϵ	Примечание
	В	А	
1 ÷ 6			$I_{ан} = \quad , \text{ А}$ $I_{ан}R_a = \quad , \text{ В}$

Расчетную ХХХ и нагрузочную характеристику строят в одних осях координат.

5.1.6. ВНЕШНЯЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость напряжения U на зажимах якоря генератора от тока нагрузки (тока обмотки якоря) I_a при неизменной величине тока возбуждения ($I_g = const$) и неизменной частоте вращения ($n = const$) называют внешней характеристикой $U = f(I_a)$.

Внешняя характеристика снимается при замкнутом переключателе SA3 в поз. 2. Для получения первой точки внешней характеристики изменяют ток возбуждения I_g и сопротивление резистора R2 таким образом, чтобы на зажимах якоря установилось напряжение $U = U_n$, при токе якоря $I_a = I_{ан}$. Для получения других точек внешней характеристики плавно уменьшают ток якоря I_a , увеличивая сопротивление резистора R2 до состояния, когда генератор окажется в режиме холостого хода ($U = U_0$). При этом необходимо, чтобы ток возбуждения I_g оставался неизменным. Результаты исследований записывают в табл.5.1.3.

Таблица 5.1.3

Внешняя характеристика

№ опыта	I_a	U	Примечание
	А	В	
1÷6			$I_g = \quad , A$ $I_{ан} = \quad , A$

По характеристике находят процентное увеличение напряжения при сбросе нагрузки

$$\Delta U\% = \frac{U_0 - U_n}{U_n}, \quad (5.1.3)$$

где U_n - напряжение при $I_a = I_{ан}$.

5.1.7. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость тока возбуждения I_g от тока якоря I_a генератора при неизменном напряжении ($U = const$) на зажимах нагрузки и неизменной частоте вращения якоря генератора ($n = const$) называют регулировочной характеристикой $I_g = f(I_a)$.

Регулировочную характеристику определяют с точки, соответствующей холостому ходу генератора (переключатель SA3 в поз.1). При этом устанавливают ток возбуждения I_g такой величины, чтобы $E = U_n$. Затем включают нагрузку (переключатель SA3 в поз.2) при

наибольшем сопротивлении R2 и уменьшая его величину постепенно увеличивают ток якоря генератора I_a . Одновременно регулируют ток возбуждения I_e таким образом, чтобы напряжение генератора в каждой точке характеристики оставалось неизменным $U = U_n$. Допускается перегрузка генератора по току до значения I_a не более $1,2I_{ан}$. Результаты исследований заносятся в табл. 5.1.4, и по ним строят регулировочная характеристика.

Таблица 5.1.4

Регулировочная характеристика

№ опыта	I_e	I_a	Примечание
	А	А	
1÷7			$U_n =$, В $I_{ан} =$, А

По регулировочной характеристике определяется процентное изменение тока возбуждения

$$\Delta I_e = \frac{I_{ен} - I_{е0}}{I_{е0}} \cdot 100\% \quad (5.1.4)$$

где $I_{ен}$ - ток возбуждения при $I_a = I_{ан}$, а $I_{е0}$ - ток возбуждения при $I_a = 0$.

5.1.8. ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Зависимость тока якоря I_k генератора от тока возбуждения I_e при напряжении на зажимах якоря равном нулю ($U = 0$) и неизменной частоте вращения якоря ($n = const$) называют характеристикой короткого замыкания $I_k = f(I_e)$.

Внимание! Короткое замыкание генератора при номинальном токе возбуждении является аварийным режимом, так как ток короткого замыкания в цепи якоря в несколько раз превышает номинальный, вызывает круговой огонь на коллекторе и чрезмерный перегрев обмоток, включенных в цепь якоря, что может привести к повреждению генератора. Поэтому в лабораторной работе проводится опыт короткого замыкания при сильно ослабленном магнитном потоке возбуждения, т.е. при минимальном токе возбуждения, а, следовательно, при максимальном значении сопротивления цепи возбуждения. Ток якоря в опыте короткого замыкания не должен превышать $1,2I_{ан}$.

Предлагается следующий порядок проведения опыта короткого замыкания. Устанавливают резистором R1 минимальный ток возбуждения. Замыкают накоротко цепь якоря (переключатель SA3 в поз.3).

Внимание! Если перед этим не был установлен минимальный ток возбуждения, то произойдет срабатывание автоматического выключателя Q и выполнение работы становится невозможным.

Первую точку характеристики короткого замыкания получают при $I_{\text{в}} = 0$. При этом следует обратить внимание на то, что ток короткого замыкания $I_{\text{к}}$ при отсутствии тока возбуждения, как правило, не равен нулю.

Для получения других точек характеристики уменьшают сопротивление резистора R1 в цепи возбуждения. При этом токи в цепи возбуждения и в цепи якоря увеличиваются. Постепенно увеличивают ток в цепи возбуждения таким образом, чтобы ток в цепи якоря не превышал $I_{\text{к}} = 1,2I_{\text{ан}}$, получают 3÷5 точек. Результаты опытов заносят в табл. 5.1.5 по которым строят характеристики короткого замыкания.

Таблица 5.1.5

Характеристики короткого замыкания

№ опыта	$I_{\text{в}}$	$I_{\text{к}}$	Примечание
	А	А	
1÷5			$U = 0$ $I_{\text{ак}} = \quad , A$

5.1.9. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе результатов исследования генератора независимого возбуждения необходимо дать следующие пояснения.

Характеристика холостого хода:

- почему зависимость $E = f(I_{\text{в}})$ является нелинейной;
- почему нисходящая и восходящая ветви ХХХ не совпадают;
- сделайте вывод о степени насыщения магнитной цепи;
- чем отличается полная ХХХ генератора независимого возбуждения от расчетной ХХХ.

Нагрузочная характеристика:

- почему нагрузочная характеристика проходит ниже характеристики холостого хода;
- почему нагрузочная характеристика нелинейная.

Внешняя характеристика:

- причины изменения напряжения при изменении нагрузки генератора в случае, когда ток возбуждения остается неизменным;
- практическое значение внешней характеристики.
Регулировочная характеристика:
- причины, по которым при изменении тока нагрузки и поддержании на ней неизменным напряжения необходимо изменять ток возбуждения;
- практическое значение регулировочной характеристики.
Характеристика короткого замыкания:
- почему характеристика короткого замыкания, полученная из опыта, не проходит через начало координат;
- почему зависимость $I_k = f(I_g)$ является линейной.

5.1.10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

5.1.10.1. Поясните электрическую схему генератора постоянного тока с независимым возбуждением.

5.1.10.2. Как можно получить ХХХ опытным путём?

5.1.10.3. Какая характеристика называется нагрузочной?

5.1.10.4. Как получить нагрузочную характеристику опытным путём?

5.1.10.5. Какая характеристика называется внешней?

5.1.10.6. Как получить внешнюю характеристику из опыта?

5.1.10.7. Какую зависимость называют регулировочной характеристикой?

5.1.10.8. Как получить регулировочную характеристику опытным путём?

5.1.10.9. Какая зависимость называется характеристикой короткого замыкания?

5.1.10.10. Как получить из опыта характеристику короткого замыкания?

5.1.11. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

5.1.11.1. Изобразите ХХХ и объясните её вид.

5.1.11.2. Запишите условия, при которых исследуется ХХХ.

5.1.11.3. О каких свойствах генератора постоянного тока можно судить по характеристике холостого хода?

5.1.11.4. Изобразите и объясните взаимное расположение характеристик холостого хода и нагрузочной, выполненных в одних координатах.

5.1.11.5. Запишите условия, при которых исследуется нагрузочная характеристика?

5.1.11.6. В чем заключается практическое применение нагрузочной характеристики?

5.1.11.7. Изобразите внешнюю характеристику и объясните её вид?

5.1.11.8. Какие условия необходимо соблюдать при определении внешней характеристики опытным путём?

5.1.11.9. О каких свойствах генератора постоянного тока можно судить по внешней характеристике?

5.1.11.10. Запишите условия, при которых исследуется регулировочная характеристика?

5.1.11.11. В чем заключается практическое использование регулировочной характеристики?

5.1.11.12. Объясните вид регулировочной характеристики?

5.1.11.13. Объясните вид характеристики короткого замыкания?

5.1.11.14. Чем отличается расчетная характеристика короткого замыкания от полученной из опыта?

5.1.11.15. Что понимают под реакцией якоря в генераторе постоянного тока и как она влияет на характеристики генератора?

5.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

5.2.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию и принцип действия генератора постоянного тока. Приобрести практические навыки получения характеристик генератора параллельного возбуждения; экспериментально подтвердить сведения о генераторе постоянного тока.

5.2.2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.2.2.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

5.2.2.2. Получить характеристики: холостого хода, нагрузочную, внешнюю, регулировочную.

5.2.2.3. Проанализировать полученные характеристики и сделать основные выводы.

5.2.3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Объектом исследования является генератор постоянного тока, имеющий одну обмотку возбуждения (рис. 5.2.1). Генератор приводится во вращение асинхронным двигателем М. Так как частота вращения ротора асинхронного двигателя при нагрузке изменяется незначительно, то ее можно принять постоянной ($n = n_H$). Лабораторная установка позволяет проводить испытания генератора в режиме холостого хода и при нагрузке. Изменение режима работы генератора осуществляется переключателем нагрузки SA3 (поз. 1- холостой ход; поз. 2- нагрузка; поз. 3- короткое замыкание). С помощью переключателя SA2 (поз. 2) подключается обмотка возбуждения параллельно обмотке якоря. Переключатель SA1 предназначен для изменения направления тока в обмотке возбуждения, но при исследовании генератора параллельного возбуждения в этом нет необходимости. Регулирование тока в обмотке возбуждения осуществляется реостатом R1, а регулирование тока нагрузки - реостатом R2.

Генератор параллельного возбуждения является генератором с самовозбуждением. Обмотка возбуждения генератора получает питание от собственной обмотки якоря. Начальной причиной самовозбуждения является ЭДС E_{oc} от остаточного магнитного потока, который почти всегда существует в магнитной цепи машины.

Процесс самовозбуждения при $n = n_H$ возможен, если соблюдаются следующие условия:

- наличие в магнитной цепи машины остаточного магнитного потока;
- поток, создаваемый обмоткой возбуждения, направлен согласно с остаточным магнитным потоком;
- сопротивление цепи возбуждения должно быть меньше критического.

Если не выполняется первое условие, то необходимо намагнитить машину при питании обмотки возбуждения от постороннего источника постоянного тока.

Если не выполняется второе условие, то нужно изменить направление тока в обмотке возбуждения.

Если не выполняется третье условие, то характеристика холостого хода (ХХХ) и вольтамперная характеристика цепи возбуждения пересекаются при очень малых значениях тока возбуждения и самовозбуждение заканчивается в этой точке пересечения характеристик, что является недостаточным. Для того чтобы обеспечить самовозбуждение, необходимо уменьшить сопротивление резистора R1 в цепи возбуждения.

5.2.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДА

Зависимость ЭДС генератора E от тока возбуждения I_g при отсутствии тока нагрузки ($I_a = 0$) и неизменной частоте вращения ($n = n_H$) называют характеристикой холостого хода $E = f(I_g)$.

Характеристика снимается при разомкнутой цепи нагрузки (переключатель SA3 в поз.1). При отсутствии тока возбуждения (переключатель SA2 в нейтральном положении) запускают приводной двигатель М, измеряют ЭДС E_{oc} , наведенную в обмотке якоря остаточным магнитным потоком. С этой точки начинают получение ХХХ. Подключив обмотку возбуждения к обмотке якоря (переключатель SA2 в поз.2), резистором R1 плавно увеличивают ток возбуждения и устанавливают на клеммах обмотки якоря генератора ЭДС $E = (1,2 \div 1,3)U_H$. Размещают в табл.5.2.1 по десять значений E и I_g восходящей ветви ХХХ. После этого, плавно уменьшая ток возбуждения I_g до нуля, записывают в табл.5.2.1 вновь по десять значений E и I_g , но теперь нисходящей ветви ХХХ.

По результатам исследования строят восходящую и нисходящую ветви ХХХ. Между ветвями характеристики, посередине, проводят расчетную ХХХ.

Таблица 5.2.1

Характеристика холостого хода

№ опыта	Восходящая ветвь		№ опыта	Нисходящая ветвь		Примечание
	I_{θ}	E		I_{θ}	E	
	А	В		А	В	
1 ÷ 10			1 ÷ 10			$U_n =$, В $E_{oc} =$, В $E_{oc\%} =$ $K_H =$

По результатам опыта определяют процентное значение остаточной ЭДС

$$E_{oc\%} = 100 E_{oc} / U_n \quad (5.2.1)$$

По расчетной ХХХ определяют коэффициент насыщения K_H для номинального значения ЭДС

$$E_{ан} = U_n + I_{ан} R_a, \text{ В}, \quad (5.2.2)$$

где R_a – сопротивление цепи якоря, Ом; $I_{ан} = I_n + I_{\theta}$ – номинальный ток цепи якоря, А.

5.2.2. НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость напряжения U на клеммах якоря генератора от тока возбуждения I_{θ} при неизменной величине тока нагрузки ($I_a = const$) и неизменной частоте вращения якоря ($n = n_n$) называют нагрузочной характеристикой $U = f(I_{\theta})$.

Характеристику рекомендуется снимать для номинального тока нагрузки $I_{ан}$. При исследовании нагрузочной характеристики обмотку якоря подключают к нагрузочному резистору R2 (переключатель SA3 в поз.2).

Предлагается следующий порядок определения нагрузочной характеристики. При холостом ходе генератора, регулируя ток возбуждения I_{θ} , устанавливают $E = (1,2 \div 1,3)U_n$. Замыкают цепь нагрузки (переключатель SA3 в поз.2) и резистором R2 устанавливают номинальное значение тока в цепи якоря $I_{ан}$. Это первая точка нагрузочной характеристики. Затем немного уменьшают ток возбуждения. При этом ток

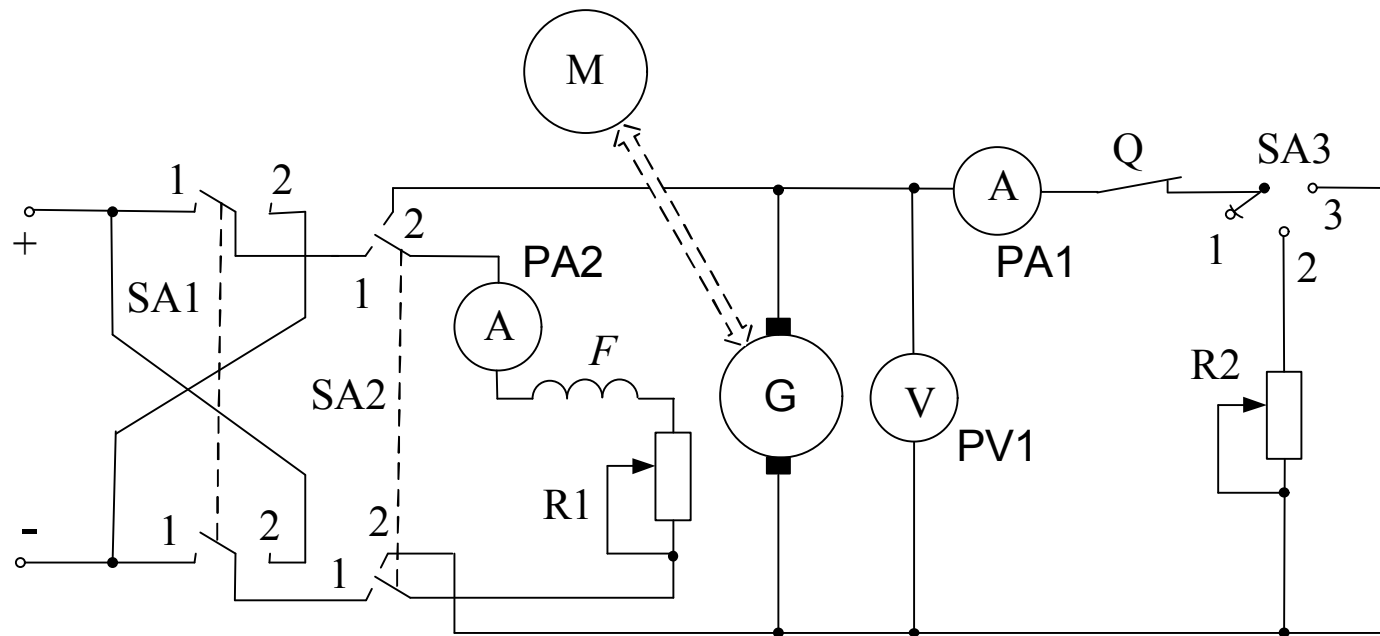


Рис.5.2.1. Электрическая схема для исследования генератора постоянного тока

нагрузки и напряжение так же уменьшатся. Резистором нагрузки R2 обеспечивают $I_a = I_{aH}$. Подобные уменьшения тока возбуждения I_e при сохранении условия $I = I_H$ повторяют до шести раз. Результаты исследования записывают в табл. 5.2.2 и используют для построения нагрузочной характеристики в одних осях координат с ХХХ.

Таблица 5.2.2

Нагрузочная характеристика

№ опыта	U	I_e	Примечание
	В	А	
1 ÷ 6			$I_H = \quad , \text{ А}$ $I_{aH} R_a = \quad , \text{ В}$

5.2.3. ВНЕШНЯЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость напряжения U на клеммах якоря генератора от тока нагрузки I_a при неизменной величине сопротивления цепи возбуждения ($I_e = const$) и неизменной частоте вращения якоря ($n = n_H$) называют внешней характеристикой $U = f(I_a)$.

Внешняя характеристика исследуется при замкнутой цепи нагрузки (переключатель SA3 в поз.2). Для получения первой точки внешней характеристики регулируют ток возбуждения I_e и резистор нагрузки R2 таким образом, чтобы на клеммах якоря установилось напряжение $U = U_H$, а ток нагрузки $I_a = I_{aH}$. Для получения других точек внешней характеристики поступают следующим образом. Плавно уменьшают ток нагрузки I_a , постепенно увеличивая сопротивление резистора R2 до его максимальной величины. Последнюю точку внешней характеристики получают после отключения нагрузки ($U_0 = E$). При этом обязательно контролируют, чтобы сопротивление резистора цепи возбуждения R_B оставалось неизменным. Результаты исследований записывают в табл. 5.2.3 и используют для построения внешней характеристики.

Таблица 5.2.3

Внешняя характеристика

№ опыта	I_a	U	Примечание
	А	В	
1 ÷ 6			$R_e = const$ $I_{aH} = \quad , \text{ А}$

По этой же характеристике находят процентное увеличение напряжения при сбросе нагрузки

$$\Delta U_{\%} = \frac{U_o - U_n}{U_n} \cdot 100 \quad (5.2.3)$$

где U_n - напряжение при $I_a = I_{ан}$.

5.2.4. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость тока возбуждения I_{ϵ} от тока нагрузки генератора I_a при неизменном напряжении на клеммах нагрузки ($U = const$) и неизменной частоте вращения якоря ($n = n_{ном}$) называют регулировочной характеристикой $I_{\epsilon} = f(I_a)$.

Регулировочную характеристику определяют с точки, соответствующей холостому ходу генератора (переключатель SA3 в поз.1). При этом устанавливают ток возбуждения I_{ϵ} такой величины, чтобы $E = U_n$. Затем включают нагрузку (переключатель SA3 в поз.2) при наибольшем сопротивлении резистора R2 и, уменьшая его величину, постепенно увеличивают ток нагрузки генератора I_a . Одновременно регулируют ток возбуждения I_{ϵ} таким образом, чтобы напряжение генератора в каждой точке характеристики оставалось неизменным $U = U_n$. Допускается перегрузка генератора по току до значений не более $1,2I_{ан}$. Результаты исследований размещают в табл. 5.2.4, по которым строят регулировочную характеристику.

Таблица 5.2.4

Регулировочная характеристика

№ опыта	I_{ϵ}	I_a	Примечание
	А	А	
1÷6			$U_n =$, В $I_{ан} =$, А

По регулировочной характеристике определяется процентное изменение тока возбуждения при возрастании тока якоря до номинального значения

$$\Delta I_{\epsilon\%} = \frac{I_{\epsilonн} - I_{\epsilonо}}{I_{\epsilonо}} \cdot 100, \quad (5.2.4)$$

где $I_{\epsilonн}$ - ток возбуждения при $I_a = I_{ан}$, а $I_{\epsilonо}$ - ток возбуждения при $I_a = 0$.

5.2.8. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе полученных результатов исследований необходимо дать следующие пояснения.

Характеристика холостого хода:

- почему нисходящая и восходящая ветви ХХХ не совпадают;
- почему зависимость $E = f(I_e)$ является нелинейной;
- сделайте вывод о степени насыщения магнитной цепи.

Нагрузочная характеристика:

- почему нагрузочная характеристика располагается ниже характеристики холостого хода;
- преимущества и недостатки генератора постоянного тока параллельного возбуждения по сравнению с генераторами других способов возбуждения.

Внешняя характеристика:

- причины изменения напряжения генератора при изменении нагрузки;
- особенность внешней характеристики генератора параллельного возбуждения;
- определите жесткость внешней характеристики.

Регулировочная характеристика:

- почему при увеличении тока нагрузки для поддержания неизменным напряжения нужно увеличивать ток в обмотке возбуждения.

5.2.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

5.2.9.1. Как классифицируют генераторы постоянного тока по способу возбуждения?

5.2.9.2. Поясните принцип действия генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

5.2.9.3. Что понимают под характеристикой холостого хода генератора?

5.2.9.4. Как получают характеристику холостого хода?

5.2.9.5. О каких свойствах генератора постоянного тока можно судить по характеристике холостого хода?

5.2.9.6. Что понимают под нагрузочной характеристикой?

5.2.9.7. Как получают нагрузочную характеристику?

5.2.9.8. Что понимают под внешней характеристикой?

5.2.9.9. Как получают внешнюю характеристику?

5.2.9.10. Что понимают под регулировочной характеристикой?

5.2.9.11. Как получают регулировочную характеристику?

5.2.10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

5.2.10.1. Изобразите электрическую схему опыта холостого хода генератора.

5.2.10.2. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт холостого хода.

5.2.10.3. Поясните, как проводится опыт холостого хода.

5.2.10.4. Изобразите характеристику холостого хода генератора и дайте необходимые пояснения.

5.2.10.5. Поясните условия самовозбуждения генератора.

5.2.10.6. Изобразите электрическую схему опыта получения нагрузочной характеристики генератора.

5.2.10.7. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт получения нагрузочной характеристики.

5.2.10.8. Изобразите нагрузочную характеристику генератора и дайте необходимые пояснения.

5.2.10.9. Изобразите электрическую схему опыта получения внешней характеристики генератора.

5.2.10.10. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт получения внешней характеристики.

5.2.10.11. Изобразите внешнюю характеристику генератора и дайте необходимые пояснения.

5.2.10.12. Поясните практическое назначение внешней характеристики.

5.2.10.13. Как определить процентное изменение напряжения по внешней характеристике?

5.2.10.14. Изобразите электрическую схему опыта получения регулировочной характеристики генератора.

5.2.10.15. Перечислите условия, при соблюдении которых проводится опыт получения регулировочной характеристики.

5.2.10.16. Изобразите регулировочную характеристику генератора и дайте необходимые пояснения.

5.2.10.17. Поясните практическое назначение регулировочной характеристики.

5.2.10.18. Как определить процентное изменение тока возбуждения по регулировочной характеристике?

5.3. ИСЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

5.3.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию и принцип действия двигателя параллельного возбуждения. Приобрести практические навыки экспериментального исследования характеристик двигателя.

5.3.2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.3.2.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

5.3.2.2. Получить характеристики: рабочие, механические, скоростные.

5.3.2.3. Проанализировать полученные характеристики и сделать основные выводы.

5.3.3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Электрическая схема для исследования двигателя параллельного возбуждения приведена на рис. 5.3.1.: М - исследуемый двигатель; Q1 - магнитный пускатель; R1 - резистор в цепи возбуждения; R2 - пусковой реостат; G - нагрузочный генератор; Q2 - переключатель режимов работы нагрузочного генератора; R - нагрузочный резистор; R4 - резистор в цепи возбуждения генератора; BR - тахогенератор; F_M – обмотка возбуждения двигателя; F_G – обмотка возбуждения генератора.

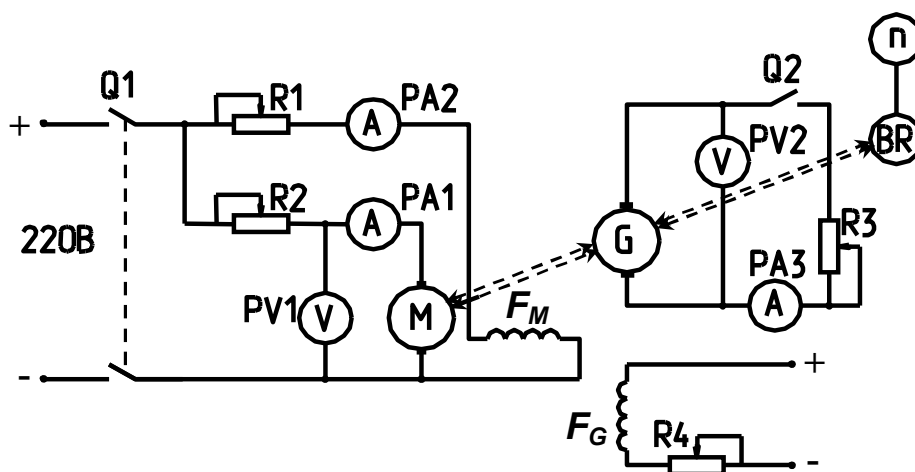


Рис. 5.3.1. Электрическая схема для исследования двигателя параллельного возбуждения

Пуск двигателя производят без нагрузки с помощью пускового реостата R2. Для этого переключателем Q2 размыкают цепь нагрузки генератора. Сопротивление резистора R1 устанавливают минимальным, а сопротивления пускового реостата R2 и резисторов R3, R4 - максимальным. Затем пускают двигатель M. Плавно уменьшают сопротивление пускового реостата R2 до нуля.

5.3.4. РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рабочими характеристиками двигателя параллельного возбуждения называют зависимости: $I_{a\partial} = f(P_{2\partial})$; $P_{1\partial} = f(P_{2\partial})$; $M = f(P_{2\partial})$; $\eta_{\partial} = f(P_{2\partial})$; $n = f(P_{2\partial})$ при $U_{\partial} = U_{\partial H}$, $I_{в\partial} = I_{в\partial H}$.

Для получения рабочих характеристик у двигателя, работающего на холостом ходу, записать показания приборов в табл. 5.3.1. Это первые точки рабочих характеристик. Устанавливают переключатель Q2 в положение «Нагрузка» при максимальном значении R2 и записывают показания приборов при минимальной нагрузке двигателя. Регулируют сопротивления резисторов R3 и R4, таким образом, чтобы получить еще 4÷5 точек рабочих характеристик.

Таблица 5.3.1

Рабочие характеристики двигателя

№ оп ыт а	Опыт				Расчет						Примечания	
	Двигатель		Генератор		Генератор		Двигатель					
	$I_{a\partial}$	n	U_2	I_{a2}	P_{22}	η_2	$P_{1\partial}$	$P_{2\partial}$	η_{∂}	M_2		M
	А	об/ мин	В	А	Вт	о.е.	Вт	Вт	о.е.	Н·м		Н·м
1÷ 6												$U_{\partial H} =$, В $M_0 =$, Н·м $I_{в\partial} =$, А $R_D = 0$

Расчеты, необходимые для заполнения табл. 5.3.1. производить по следующим формулам.

Полезная мощность генератора

$$P_{22} = U_2 I_{a2}, \text{ Вт.} \quad (5.3.1)$$

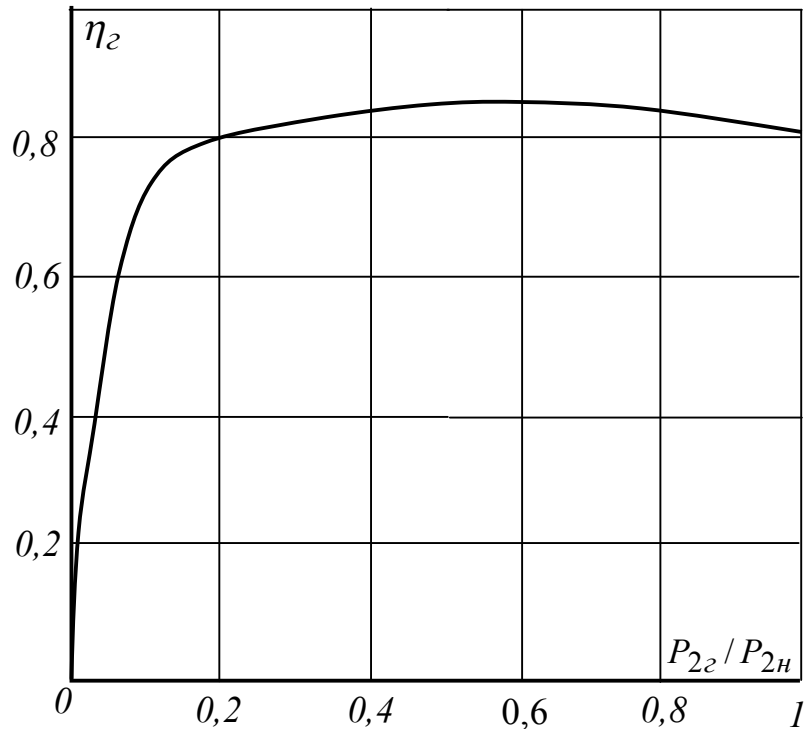


Рис.5.3.2. КПД нагруженного генератора

Полезная мощность двигателя

$$P_{2\partial} = P_{12} = P_{22} / \eta_2, \text{ Вт}, \quad (5.3.2)$$

где η_2 – КПД генератора определяют по рис. 5.3.2. , P_{12} - потребляемая мощность генератора.

Потребляемая мощность двигателя.

$$P_{1\partial} = U_{\partial} (I_{a\partial} + I_{в\partial}), \text{ Вт}. \quad (5.3.3)$$

КПД двигателя

$$\eta_{\partial} = \frac{P_{2\partial}}{P_{1\partial}}, \text{ о.е.} \quad (5.3.4)$$

Полезный момент и на валу двигателя

$$M_2 = 9,55 P_{2\partial} / n, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (5.3.5)$$

Момент холостого хода

$$M_0 = 9,55 \frac{P_0}{n_0}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (5.3.6)$$

где P_0 - мощность, потребляемая двигателем на холостом ходу, n_0 - частота вращения двигателя на холостом ходу.

Электромагнитный момент двигателя

$$M = M_0 + M_2, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (5.3.7)$$

По результатам табл. 5.3.1 построить рабочие характеристики двигателя.

5.3.5. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Механической характеристикой двигателя параллельного возбуждения называют зависимость $n = f(M)$, при $U_{\partial} = U_{\partial n}$, $I_{\partial} = I_{\partial n}$, $R_{\partial} = const$.

Двигатель параллельного возбуждения имеет естественную и искусственные механические характеристики.

Естественную механическую характеристику, ($R_{\partial}=0$) получают по табл. 5.3.1.

Искусственные механические характеристики получают при включении в цепь якоря разных по величине добавочных сопротивлений R_{∂} . В качестве добавочного сопротивления допускается использование ступеней пускового резистора R_2 . Последовательность проведения опыта такая же, как при получении рабочих характеристик. Результаты опытов заносят в табл. 5.3.2. Естественную и искусственные характеристики строят в одних осях.

Таблица 5.3.2

Искусственные механические характеристики двигателя

№ оп ыт а	Опыт				Расчет						Примечания
	Двигатель		Генера- тор		Генератор		Двигатель				
	$I_{a\partial}$	n	U_{∂}	$I_{a\partial}$	$P_{2\partial}$	η_{∂}	$P_{1\partial}$	$P_{2\partial}$	M_2	M	
	А	об/ мин	В	А	Вт	о.е.	Вт	Вт	Н·м	Н·м	
1÷ 6											$U_{\partial n} =$, В $M_0 =$, Н·м $I_{\partial} =$, А $R_{\partial 1} > R_{\partial}$
1÷ 6											$U_{\partial n} =$, В $M_0 =$, Н·м $I_{\partial} =$, А $R_{\partial 2} > R_{\partial 1}$

5.3.6. СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Скоростной характеристикой двигателя постоянного тока называется зависимость $n = f(I_{ад})$, при $U_{\partial} = U_{\partialн}$, $I_{в\partial} = const$, $R_{д}=0$. Опыты проводят для трех значений тока возбуждения: $I_{в\partial} = I_{вн}$, $I_{в\partial} = 0,8I_{вн}$, $I_{в\partial} = 1,2I_{вн}$.

Скоростную характеристику при $I_{в\partial} = I_{вн}$ получают по табл. 5.3.1.

Для получения скоростных характеристик при токе возбуждения отличным от номинального ($I_{в\partial} \neq I_{вн}$) устанавливают нужное значение тока возбуждения двигателя регулированием сопротивления резистора R1. Это первая точка характеристики. Устанавливают переключатель Q2 в положение «Нагрузка» при максимальном сопротивлении резистора R3. Двигатель работает при минимальной нагрузке. Устанавливают 4÷5 значений тока якоря двигателя и частоты вращения уменьшением сопротивлений резисторов R3 и R4. Для других значений тока возбуждения двигателя опыты повторяют.

По результатам табл. 5.3.3. строят скоростные характеристики при различных токах возбуждения в одних осях координат.

Таблица 5.3.3

Скоростные характеристики двигателя

№ опыта	$I_{ад}$	n	Примечание
	А	об/мин	
1 ÷ 6			$U_{\partial} = \quad$, В $I_{в\partial} = I_{вн} = \quad$, А
1 ÷ 6			$U_{\partial} = \quad$, В $I_{в\partial} = 0,8I_{вн} = \quad$, А
1 ÷ 6			$U_{\partial} = \quad$, В $I_{в\partial} = 1,2I_{вн} = \quad$, А

5.3.7. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Двигатель параллельного возбуждения имеет регулировочные характеристики двух видов: $n = f(I_{в\partial})$ при $U_{\partial} = U_{\partialн}$, $M = M_0$; $I_{в\partial} = f(I_{ад})$ при $U_{\partial} = U_{\partialн}$, $n = n_{н} = const$.

5.3.7.1. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА $n = f(I_{вд})$

Регулировочную характеристику $n = f(I_{вд})$ получают в режиме холостого хода ($M = M_0$).

Производят пуск двигателя на холостом ходу и записывают показания приборов в табл. 5.3.4 первой точки регулировочной характеристики.

Для получения других точек характеристики плавно изменяют сопротивление резистора R1, изменяя ток возбуждения через примерно одинаковые интервалы. По результатам табл.5.3.4. строят регулировочную характеристику.

Таблица 5.3.4.

Регулировочная характеристика двигателя $n = f(I_{вд})$

№ опыта	$I_{вд}$	n	Примечания
	А	об/мин	
1 ÷ 6			$U = U_H = \quad, В$ $M = M_0$

5.3.7.2. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА $I_{вд} = f(I_{ад})$

Производят пуск двигателя на холостом ходу. Устанавливают переключатель Q2 в положение «Нагрузка». С помощью резисторов R3, R4 и R1 добиваются выполнения условий $n = n_H, I_H < I_{ад} \leq 1,2I_H$. Это первая точка регулировочной характеристики. Повторяют опыт для 5 меньших значений тока якоря $I_{ад}$. Результаты исследования записывают в табл.5.3.5 и строят регулировочную характеристику.

Таблица 5.3.5

Регулировочная характеристика двигателя $I_{вд} = f(I_{ад})$

№ опыта	$I_{вд}$	$I_{ад}$	Примечание
	А	А	
1 ÷ 6			$U = U_H = \quad, В$ $n = n_H = \quad, об/мин$

5.3.8. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе полученных результатов исследований необходимо дать в отчете следующие пояснения.

Рабочие характеристики:

- причину поведения каждой характеристики.

Механические характеристики:

- вид и причину поведения характеристик;
- причину взаимного расположения естественной и искусственных характеристик.

Скоростные характеристики:

- вид и причину поведения характеристик;
- причину взаимного расположения скоростных характеристик.

Регулировочные характеристики:

- вид и причину поведения характеристик.

5.3.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

5.3.9.1. Поясните способ пуска исследуемого двигателя.

5.3.9.2. Какие характеристики двигателя называют рабочими и при каких условиях их получают?

5.3.9.3. Что используется в качестве нагрузки при испытаниях двигателя?

5.3.9.4. Каким образом регулируют величину нагрузки на валу двигателя?

5.3.9.5. Изложите порядок действий при получении рабочих характеристик двигателя.

5.3.9.6. Какие характеристики двигателя параллельного возбуждения называют механическими?

5.3.9.7. Какую из механических характеристик называют естественной и искусственной?

5.3.9.8. Какие характеристики двигателя называют скоростными?

5.3.9.9. Какую из скоростных характеристик называют естественной и искусственной?

5.3.9.10. Каким образом получают искусственные скоростные характеристики?

5.3.9.11. Какие характеристики двигателя называют регулировочными?

5.3.10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

5.3.10.1. Изобразите электрическую схему исследования двигателя параллельного возбуждения и дайте необходимые пояснения.

5.3.10.2. Поясните способ пуска исследуемого двигателя.

5.3.10.3. Перечислите условия, при соблюдении которых получают рабочие характеристики.

5.3.10.4. Изложите порядок действий при получении рабочих характеристик двигателя.

5.3.10.5. Какие характеристики двигателя параллельного возбуждения называют механическими?

5.3.10.6. Какую из механических характеристик называют естественной и искусственной?

5.3.10.7. Какие характеристики двигателя называют скоростными?

5.3.10.8. Какую из скоростных характеристик называют естественной и искусственной?

5.3.10.9. Каким образом получают искусственные скоростные характеристики?

5.3.10.10. Какие характеристики двигателя называют регулировочными?

5.3.10.11. Как получают регулировочную характеристику $n = f(I_{вд})$?

5.3.10.12. Как получают регулировочную характеристику $I_{вд} = f(I_{ад})$?

5.4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

5.4.1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкцию и принцип действия двигателя последовательного возбуждения. Приобрести практические навыки экспериментального исследования характеристик двигателя.

5.4.2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

5.4.2.1. Ознакомиться с лабораторной установкой.

5.4.2.2. Получить характеристики: рабочие, механические, скоростные регулировочные.

5.4.2.3. Проанализировать полученные характеристики и сделать основные выводы.

5.4.3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Электрическая схема для исследования двигателя параллельного возбуждения приведена на рис. 5.4.1.: Q1 - магнитный пускатель; T1 - регулятор напряжения; VD - выпрямитель; M - исследуемый двигатель; G - нагрузочный генератор; SA1 - переключатель шунтирующего резистора R1; R2 - нагрузочный резистор; R3 - резистор в цепи возбуждения генератора; BR - тахогенератор; n – измеритель частоты вращения.

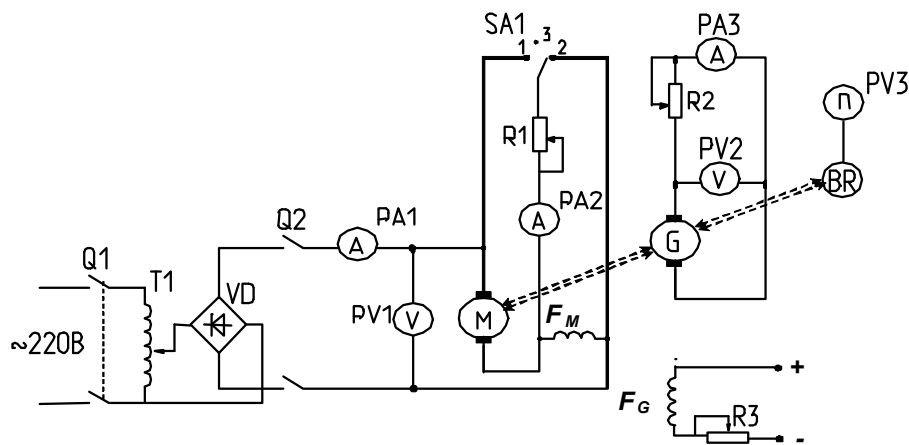


Рис. 5.4.1. Электрическая схема для исследования двигателя последовательного возбуждения

Для двигателя постоянного тока последовательного возбуждения не допускается работа на холостом ходу. В данной лабораторной уста-

новке это условие обеспечивается механическим соединением испытуемого двигателя М с нагрузочным генератором G и тахогенератором BR. Механические потери генератора и тахогенератора при холостом ходе служат достаточной нагрузкой для двигателя, чтобы не допустить чрезмерного увеличения частоты вращения.

Пуск двигателя последовательного возбуждения производится при пониженном напряжении. Устанавливают элементы управления в исходное положение: регулятор напряжения Т1- минимальное питание; переключатель SA1- в поз. 3; сопротивление нагрузочного резистора R2 – максимальное значение; сопротивления резистора R3 – минимальное значение. Нажимают кнопку «пуск» пускателя Q1 и плавно увеличивают напряжение двигателя до номинального.

Внимание! Необходимо, чтобы при пуске двигателя ток в обмотке якоря $I_{a\partial} \leq 1,2I_{a\partial n}$ и частота вращения $n \leq 1,75n_n$.

5.4.4. РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рабочими характеристиками двигателя последовательного возбуждения называют зависимости: $n = f(I_{a\partial})$, $M_2 = f(I_{a\partial})$, $P_{2\partial} = f(I_{a\partial})$, $P_{1\partial} = f(I_{a\partial})$, $\eta = f(I_{a\partial})$ при $U_{\partial} = U_{\partial n}$ и при разомкнутой шунтирующей цепи (SA1 в поз. 0).

Для получения рабочих характеристик после пуска двигателя увеличивают нагрузку резисторами R2 и R3 до значения тока $I_{a\partial} = 1,2I_{a\partial n}$. Это первые точки характеристики. Регулируют сопротивления резисторов R2 и R3 и получают еще 5 значений тока якоря двигателя, уменьшая его до значения не менее $0,25I_{a\partial n}$. Частота вращения якоря не должна при этом превышать $1,75n_n$. Показания приборов записывают в табл. 5.4.1.

Таблица 5.4.1

Рабочие характеристики двигателя

№ опыта	Опыт				Расчет						Примечание
	Двигатель		Генератор		Генератор		Двигатель				
	$I_{a\partial}$	n	U_g	I_{ag}	P_{2g}	η_g	$P_{1\partial}$	$P_{2\partial}$	η_{∂}	M_2	
	А	об/мин	В	А	Вт	о.е.	Вт	Вт	о.е.	Н·м	
1÷6											$U_{\partial} = U_{\partial n}$ = , В

По экспериментальным данным табл. 5.4.1 рассчитывают следующие показатели:

Полезная мощность генератора

$$P_{2g} = U_g I_{ag}, \text{ Вт.} \quad (5.4.1)$$

Полезная мощность двигателя

$$P_{2d} = P_{1g} = P_{2g} / \eta_g, \text{ Вт,} \quad (5.4.2)$$

где η_g – КПД генератора определяют по рис. 5.3.2. предыдущей лабораторной работы.

Потребляемая мощность двигателя.

$$P_{1d} = U_d I_{ad}, \text{ Вт.} \quad (5.4.3)$$

КПД двигателя

$$\eta_d = \frac{P_{2d}}{P_{1d}}, \text{ о.е.} \quad (5.4.4)$$

Полезный момент и на валу двигателя

$$M_2 = 9,55 P_{2d} / n, \text{ Н·м.} \quad (5.5.5)$$

По результатам табл. 5.4.1 строят рабочие характеристики двигателя.

5.4.5. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Механической характеристикой двигателя последовательного возбуждения называют зависимость $n = f(M_2)$ при $U_d = const$.

В работе исследуют естественную (при $U_d = U_{дн} = const$) и искусственные механические характеристики при пониженном $U_d = 0,8U_{дн}$ и повышенном $U_d = 1,2U_{дн}$ напряжении.

Таблица 5.4.1

Искусственные механические характеристики двигателя

№ опыта	Опыт				Расчет				Примечание
	Двигатель		Генератор		Генератор		Двигатель		
	I_{ad}	n	U_g	I_{ag}	P_{2g}	η_g	P_{2d}	M_2	
	А	об/мин	В	А	Вт	о.е.	Вт	Н·м	
1÷6		I							$U_d = 0,8U_{дн} = , В$
1÷6									$U_d = 1,2U_{дн} = , В$

Естественную механическую характеристику получают по результатам расчета рабочих характеристик (табл. 5.4.1).

Искусственные механические характеристики получают так. С помощью регулятора напряжения Т1 устанавливают нужные значения напряжения питания двигателя U_{∂} . Опыты проводят как описано при получении рабочих характеристик, данные заносят в табл. 5.4.2.

По результатам табл. 5.4.1 и 5.4.2 строят механические характеристики двигателя в одних осях координат.

5.4.6. СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Скоростной характеристикой двигателя последовательного возбуждения называется зависимость $n = f(I_{ад})$ при $U_{\partial} = U_{\partialн}$.

Естественную скоростную характеристику получают по результатам расчета рабочих характеристик (табл. 5.4.1).

Искусственные скоростные характеристики двигателя последовательного возбуждения получают при шунтировании обмотки якоря или обмотки возбуждения.

Устанавливают переключатель SA1 в поз. 1 (шунтирование обмотки якоря). Устанавливают сопротивление резистора R1, соответствующее максимальному значению. После пуска обеспечивают с помощью резистора R1 ток в шунтирующей цепи $I_{ш} = 0,25I_{ад}$ и проводят испытание двигателя под нагрузкой, как при получении рабочих характеристик.

Устанавливают переключатель SA1 в поз. 2 (шунтирование обмотки возбуждения) и повторяют опыт.

Результаты исследований записывают в табл. 5.4.3.

Таблица 5.4.3

Искусственные скоростные характеристики двигателя

№ опыта	$I_{ад}$	$I_{ш}$	$I_{вд}$	n	Примечание
	А	А	А	об/мин	
1÷6					Шунтирование обмотки якоря $I_{вд} = I_{ад} + I_{ш}$
1÷6					Шунтирование обмотки возбуждения $I_{вд} = I_{ад} - I_{ш}$

Строят естественную и искусственные скоростные характеристики в одних осях координат.

5.4.7. РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Регулировочная характеристика двигателя последовательного возбуждения зависимость $U_{\partial} = f(I_{a\partial})$ при $n = n_H = const$.

После пуска двигателя устанавливают номинальную нагрузку. Это первая точка регулировочной характеристики.

Таблица 5.4.4

Регулировочная характеристика

№ опыта	$I_{a\partial}$	U_{∂}	Примечание
	А	В	
1÷6			$n = n_H =$,об/мин

Повторяют опыты при 5 значениях уменьшающегося значения тока якоря. Ток якоря двигателя уменьшают с помощью резисторов R2 и R3 и обеспечивают частоту вращения $n = n_H$ уменьшением напряжения двигателя. Показания приборов записывают в табл. 5.4.4 и строят регулировочную характеристику.

5.4.8. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе полученных результатов исследований необходимо дать в отчете следующие пояснения.

Рабочие характеристики:

- причину поведения каждой характеристики.

Механические характеристики:

- вид и причину поведения характеристик;
- причину взаимного расположения естественной и искусственных характеристик.

Скоростные характеристики:

- вид и причину поведения характеристик;
- причину взаимного расположения скоростных характеристик.

Регулировочная характеристика:

- вид и причину поведения характеристики.

5.4.9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ДОПУСКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

- 5.4.9.1. Поясните способ пуска исследуемого двигателя.
- 5.4.9.2. Какие характеристики двигателя называют рабочими и при соблюдении каких условий их получают?
- 5.4.9.3. Что используют в качестве нагрузки при испытаниях двигателя?
- 5.4.9.4. Каким образом регулируют величину нагрузки на валу двигателя?
- 5.4.9.5. Изложите порядок действий при получении рабочих характеристик двигателя.
- 5.4.9.6. Какие характеристики двигателя последовательного возбуждения называют механическими?
- 5.4.9.7. Какую из механических характеристик называют естественной и искусственной?
- 5.4.9.8. Какие характеристики двигателя называют скоростными?
- 5.4.9.9. Какую из скоростных характеристик называют естественной и искусственной?
- 5.4.9.10. Каким образом получают искусственные скоростные характеристики?
- 5.4.9.11. Какую характеристику двигателя называют регулировочной?
- 5.4.9.12. Как получают регулировочную характеристику?

5.4.10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

- 5.4.10.1. Изобразите электрическую схему исследования двигателя параллельного возбуждения и дайте необходимые пояснения.
- 5.4.10.2. Поясните способ пуска исследуемого двигателя.
- 5.4.10.3. Почему нельзя допустить работу двигателя последовательного возбуждения без нагрузки на валу?
- 5.4.10.4. Перечислите условия, при соблюдении которых получают рабочие характеристики.
- 5.4.10.5. Изложите порядок действий при получении рабочих характеристик двигателя.
- 5.4.10.6. Какие характеристики двигателя последовательного возбуждения называют механическими?
- 5.4.10.7. Каким образом в данной лабораторной работе получают естественную и искусственные механические характеристики?
- 5.4.10.8. Какие характеристики двигателя последовательного возбуждения называют скоростными?

5.4.10.9. Каким образом в данной лабораторной работе получают скоростные характеристики?

5.4.10.10. Какую характеристику двигателя называют регулировочной и как в данной лабораторной работе получают регулировочную характеристику?

5.4.10.11. Каково практическое значение регулировочной характеристики?

5.4.10.12. Изобразите графики естественной и искусственных механических характеристик двигателя последовательного возбуждения.

5.4.10.13. Как объясняется вид и взаимное расположение естественной и искусственных механических характеристик?

5.4.10.14. Изобразите графики скоростных характеристик двигателя последовательного возбуждения при различных токах возбуждения.

5.4.10.15. Как объясняется вид и взаимное расположение скоростных характеристик при различных токах возбуждения?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов И.П. Электрические машины: Учебник-4-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2009. – 607 с., ил.
2. Вольдек А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. — СПб.: Питер, 2008. — 320 с.: ил.
3. Вольдек А. И. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. — СПб.: Питер, 2008. — 349 с.: ил.
4. Беспалов В. Я. Электрические машины: учебное пособие / В. Я. Беспалов, Н. Ф. Котеленец. — М.: Academia, 2006. — 320 с.
5. Кацман М. М. Электрические машины автоматических устройств: учебное пособие / М. М. Кацман. — М.: Форум, 2002. — 264 с.: ил.
6. Игнатович В.М., Ройз Ш.С. Электрические машины и трансформаторы: учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2009.- 147 с.
7. Ройз Ш.С. Elektrical Mashines: учебное пособие / Ш.С.Ройз, В.М.Игнатович, Н.Г.Новикова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006.-179 с.
8. Игнатович В.М., Ройз Ш.С., Верхотуров А.И., Големгрейн В.В. Электрические машины и трансформаторы: Контрольные вопросы при защите лабораторных работ по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов ТПУ всех форм обучения. - Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 27с.
9. Игнатович В. М. Трансформаторы: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов ТПУ всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 43 с.
10. Попов В.И. Асинхронные машины: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов ТПУ всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 41 с.
11. Верхотуров А.И., Попов В.И. Синхронные машины: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов ТПУ всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 41 с.
12. Жадан В. А., Стукач В.С. Машины постоянного тока: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Электрические машины» и «Электромеханика» для студентов ТПУ всех форм обучения. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 43 с.

13. Игнатович В.М. Трансформаторы. Задания в тестовой форме по дисциплине «Электрические машины»: учебное пособие / В.М. Игнатович, Т.В. Усачева, Е.А. Муратова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 168 с.

14. Игнатович В.М. Асинхронные машины. Задания в тестовой форме по дисциплине «Электрические машины»: учебное пособие / В.М. Игнатович, Т.В. Усачева, Е.А. Муратова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 114 с.

15. СТО ТПУ 2.3.05-2006 Система образовательных стандартов. Занятия лабораторные. Общие требования к организации и проведению.

16. СТО ТПУ 2.5.01- 2011 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

17. V.M. Ignatovich, V.A. Zhadan. Elektrikal Mashines. Part 1. Laboratory Guide. Tomsk: TPU Press, 2003. - 36 p.

18. A.I. Verhoturov, V. I. Popov. Electrical Machines. Part II. Laboratory Guide. Tomsk: TPU Press, 2003.- 44 p.

19. Инструкция Э-22 по охране труда для студентов при выполнении лабораторных работ в учебной лаборатории. Утверждена проректором по УР ТПУ Никулиной И.Е. от 17.12.2007г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Образец оформления титульного листа для отчета по лабораторной работе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра ЭКМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХОБМОТОЧНОГО ТРЕХФАЗНОГО
ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе по дисциплине «Электрические машины»

Выполнил(а) студент (ка)
группы _____

(подпись, дата)

Ф.И.О.

Принял преподаватель

(подпись, дата)

Ф.И.О.

2011

150

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Общие вопросы.....	5
1.1. Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.....	5
1.2. Организация работы в учебной лаборатории	7
1.3. Указания к оформлению отчета.....	8
2. Трансформаторы.....	10
2.1. Исследование двухобмоточного трехфазного трансформатора при симметричной нагрузке.....	10
2.2. Группы соединений обмоток трехфазного трансформатора	23
2.3. Исследование двухобмоточных трехфазных трансформаторов при несимметричной нагрузке.....	29
2.4. Исследование параллельной работы однофазных трансформаторов	24
3. Асинхронные двигатели	44
3.1. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	44
3.2. Исследование трехфазного двухскоростного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	60
3.3. Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором	68
3.4. Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в трехфазном, однофазном и конденсаторном режимах.....	73
4. Синхронные машины.....	84
4.1. Исследование трехфазного синхронного генератора.....	84
4.2. Определение параметров трехфазного синхронного генератора.....	93
4.3. Исследование синхронного генератора при параллельной работе с сетью	102
4.4. Испытание синхронного реактивного двигателя	108
5. Машины постоянного тока	116
5.1. Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения	116
5.2. Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения	125
5.3. Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения	133
5.4. Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения	141
Список литературы.....	148
Приложение. Образец оформления титульного листа для отчета по лабораторной работе.....	150

Учебное издание

ВЕРХОТУРОВ Анатолий Иванович
ИГНАТОВИЧ Виктор Михайлович
ПОПОВ Виталий Иванович
РАПОПОРТ Олег Лазаревич
УСАЧЕВА Татьяна Владимировна

**ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ
И ТРАНСФОРМАТОРЫ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Научный редактор
*доктор технических наук,
профессор О.П. Муравлев*

Дизайн обложки И.О. Фамилия

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии

с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 11. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».


Печать XEROX. Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 8,00.

Заказ . Тираж 300 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru