Методические указания к лабораторной работе

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить конструкции и принцип действия синхронного генератора; приобрести практические навыки определения характеристик; на основании опытов получить подтверждение теоретическим сведениям о синхронных генераторах.

2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

1. Ознакомиться с лабораторной установкой.
2. Получить характеристики: холостого хода, нагрузочную, внешнюю, регулировочную, короткого замыкания.
3. Проанализировать полученные характеристики и сделать основные выводы.

3. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Лабораторная работа дает возможность качественно и количественно оценить эксплуатационные свойства синхронного генератора.

Электрическая схема лабораторной установки изображена на рис. 1. Исследуется трехфазный явнополюсный синхронный генератор (СГ). Ротор СГ приводится во вращение асинхронным двигателем М.

Обмотку возбуждения СГ подключают к источнику постоянного тока выключателем SA1.

Регулирование тока обмотки возбуждения осуществляют автотрансформатором АТ.

Клеммы трехфазной обмотки якоря СГ *U1 – U2, V1-V2, W1-W2* выведены на переднюю панель стенда.

Активной нагрузкой СГ служит реостат R с плавным изменением сопротивления. В качестве индуктивной нагрузки X используется асинхронная машина с заторможенным фазным ротором, обмотки которой соединены по схеме регулируемой реактивной катушки.

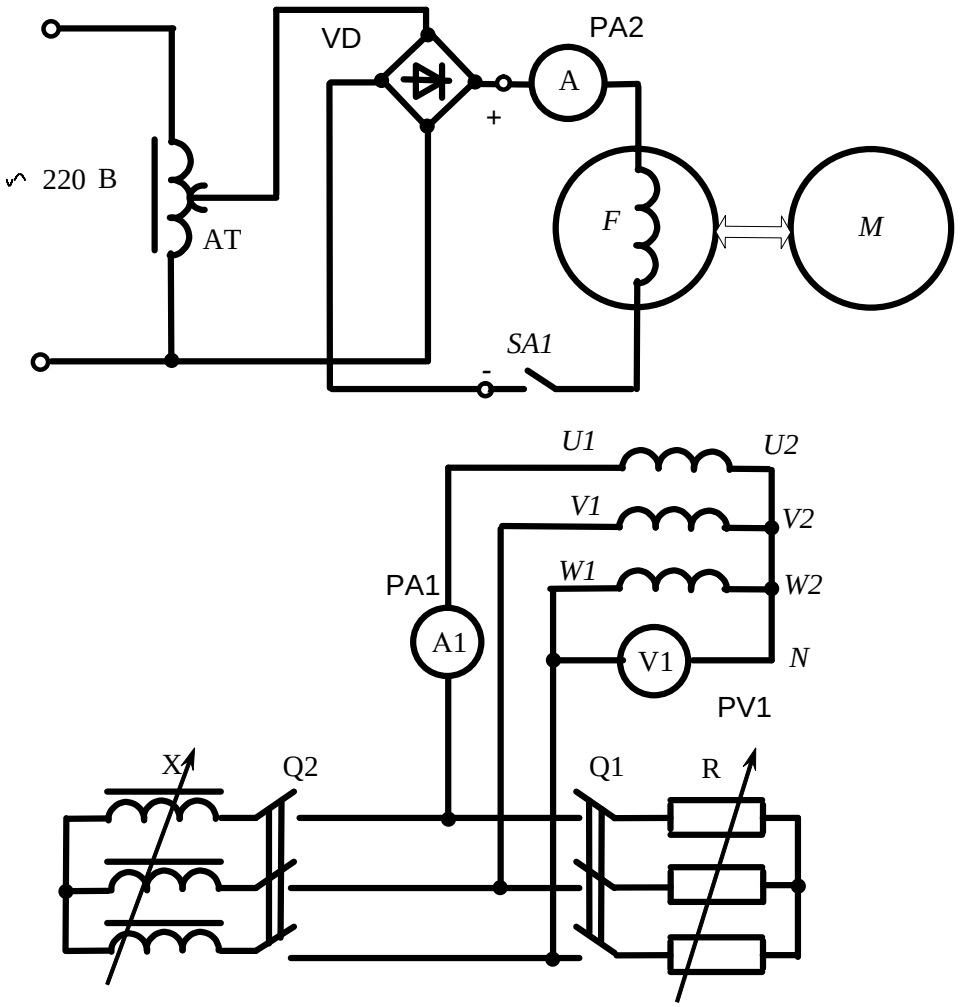


Рис. 1. Электрическая схема для исследования синхронного генератора

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДА

Зависимость ЭДС E генератора от тока возбуждения I_f при отсутствии тока нагрузки ($I = 0$) и неизменной частоте вращения ротора ($n = const$) называют характеристикой холостого хода $E = f(I_f)$.

Опыт проводят по схеме рис. 1 при разомкнутой цепи нагрузки.

Ротор синхронного генератора приводят во вращение при помощи двигателя М. Включив SA1, увеличивают ток возбуждения до значения, при котором ЭДС $E = (1{,}2 \div 1{,}3)U_H$. При этой ЭДС производят первые измерения E и I_f.

Плавно уменьшая ток возбуждения до нуля, снимают равномерно по 6 значений E и I_f во всем диапазоне изменения тока возбуждения. При этом ток возбуждения I_f следует только уменьшать, не увеличивая его ни на

одном этапе регулирования. Последний отсчет ЭДС (E_{OC}) производят при разомкнутом ключе SA1 ($I_f = 0$).

Изменяют направление тока возбуждения и определяют величину этого тока ΔI_f, при котором $E = 0$. Результаты исследований записывают в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика холостого хода

№ опыта	E	I_f	$I_f + \Delta I_f$	Примечание
	В	А	А	
1 ÷ 7				E_{OC} = , В ΔI_f = , А I_{f0} = , А

Характеристику холостого хода, проходящую через начало координат, строят в виде $E = f(I_f + \Delta I_f)$. Ток возбуждения I_{f0} для случая, когда $E = U_H$, определяют именно по этой характеристике.

5. НАГРУЗОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Зависимость напряжения U на клеммах обмотки якоря генератора от тока возбуждения I_f при неизменной величине тока нагрузки ($I = const$), неизменном характере нагрузки ($\cos\varphi = const$) и неизменной частоте вращения ротора ($n = const$) называют нагрузочной характеристикой $U = f(I_f)$.

Из множества нагрузочных характеристик практическое значение имеет индукционная нагрузочная характеристика, когда $n = const$, $\cos\varphi \approx 0$ и $I = I_H$.

Для определения такой характеристики подключают к СГ индуктивную нагрузку Х. Изменяя сопротивление Х и регулируя ток возбуждения генератора I_f, устанавливают номинальный ток якоря $I = I_H$ при напряжении $U = (1 \div 1{,}1)U_H$. Замеряют величины напряжения генератора U и тока возбуждения I_f.

Уменьшая напряжение U снижением тока возбуждения, поддерживают неизменным ток нагрузки, изменяя сопротивление Х. Таким образом получают 6 значений U и I_f. Результаты измерений записывают в табл. 2, по которым производят построение нагрузочной характеристики в одних осях координат с характеристикой холостого хода.

Таблица 2

Нагрузочная характеристика

№ опыта	U	I_f	Примечание
	В	А	
1÷6			$I_H =$, А

6. ВНЕШНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Зависимость напряжения U на зажимах якоря генератора от тока нагрузки I (тока обмотки якоря) при неизменной величине тока возбуждения I_f, неизменном характере нагрузки ($\cos\varphi = const$) и неизменной частоте вращения ($n = const$) называют внешней характеристикой $U = f(I)$.

Внешние характеристики получают для двух значений коэффициента мощности, определяющего характер нагрузки: при $\cos\varphi \approx 1$, когда нагрузка практически чисто активная и при $\cos\varphi \approx 0$, когда нагрузка практически индуктивная.

Внешняя характеристика для случая, когда $\cos\varphi \approx 1$ определяется при замкнутом выключателе Q1. Для получения первой точки внешней характеристики изменяют ток возбуждения I_f, и сопротивление нагрузки *R2* таким образом, чтобы на зажимах якоря установилось напряжение $U = U_H$, при токе якоря $I = I_H$. Для получения других точек внешней характеристики плавно уменьшают ток якоря I, увеличивая сопротивление R2 до состояния, когда генератор окажется в режиме холостого хода ($U = U_0$) при разомкнутом выключателе Q1. При этом обеспечивают неизменным ток возбуждения I_f.

Внешняя характеристика для случая $\cos\varphi \approx 0$ определяется подобным же образом только при подключении к генератору реактивной нагрузки X выключателем Q2. Результаты исследований записывают в табл. 3.

Таблица 3

Внешние характеристики

№ опыта	$\cos\varphi \approx 1$		$\cos\varphi \approx 0$		Примечание
	I	U	I	U	
	А	В	А	В	
1÷6					$I_H =$, А

По внешним характеристикам находят процентное увеличение напряжения при сбросе нагрузки:

$$\Delta U = \frac{U_0 - U_H}{U_H} \cdot 100, \%, \qquad (1)$$

где U_H - напряжение при $I = I_H$.

7. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Зависимость тока возбуждения генератора от тока якоря генератора при неизменном напряжении на клеммах обмотки якоря ($U = const$), неизменном характере нагрузки ($\cos\varphi = const$) и неизменной частоте вращения ротора генератора ($n = const$), называется регулировочной характеристикой $I_f = f(I)$.

Регулировочная характеристика показывает, как нужно регулировать ток возбуждения генератора при изменении тока нагрузки, чтобы напряжение генератора оставалось неизменным по величине.

Включив ключ SA1, устанавливают такой ток возбуждения генератора I_{f0}, при котором в обмотке якоря генератора наводится ЭДС холостого хода, равная номинальному напряжению $E_0 = U_H$. Это исходная точка для получения регулировочной характеристики.

Подключив к СГ активную нагрузку, устанавливают максимальное значение сопротивления реостата R и увеличивают ток возбуждения до тех пор, пока напряжение на клеммах обмотки якоря вновь установится равным номинальному значению.

Уменьшают сопротивление реостата R (увеличивая ток якоря до номинального значения), и при этом каждый раз увеличивают ток возбуждения, обеспечивая, номинальное напряжение на обмотке якоря генератора. В табл. 4 записывают результаты измерений, по которым строят регулировочную характеристику.

Таблица 4

Регулировочные характеристики

№ опыта	$\cos\varphi = 1$		$\cos\varphi \approx 0$		Примечание
	I	I_f	I	I_f	
	A	A	A	A	
$1 \div 5$					$U_H =$, В $I_{f0} =$ ….., A $\cos\varphi = 1$ $\Delta I_f =$, o.e. $\cos\varphi \approx 0$ $\Delta I_f =$, o.e.

Регулировочную характеристику при $\cos\varphi \approx 0$ получают при подключении к СГ реактивной нагрузки Х. Последовательность действий аналогична предыдущему опыту.

По регулировочным характеристикам определяется относительное изменение тока возбуждения ΔI_f, необходимое для поддержания неизменным напряжения на клеммах обмотки якоря при переходе от холостого хода к номинальной нагрузке

$$\Delta I_f = \frac{I_{fH} - I_{f0}}{I_{f0}}, \text{ о.е.,} \qquad (2)$$

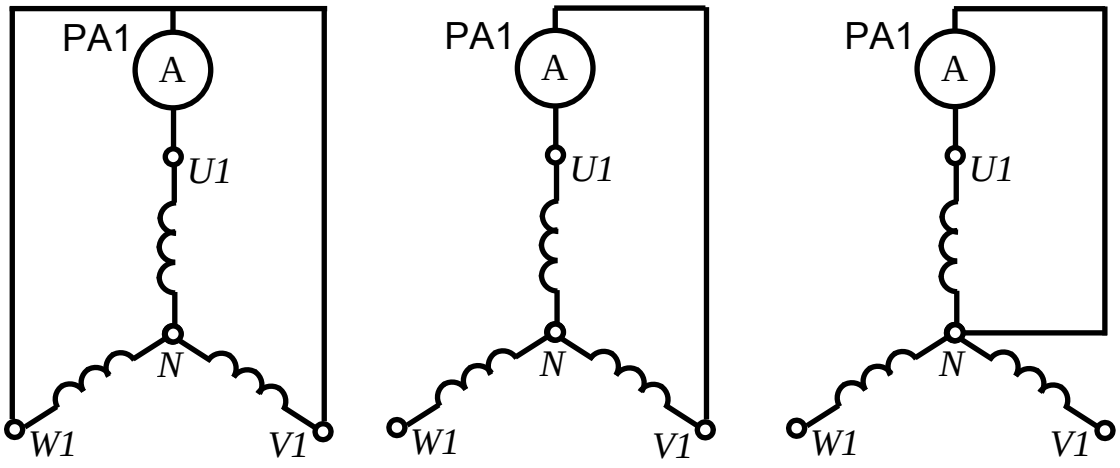
где I_{fH} - ток возбуждения генератора при номинальном токе якоря и $U = U_H$.

8. ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Зависимость тока якоря генератора от тока возбуждения генератора при неизменной частоте вращения ротора генератора ($n = const$), и при напряжении на клеммах обмотки якоря равном нулю, называют характеристикой короткого замыкания $I_K = f(I_f)$.

Необходимо получить характеристики при симметричном трехфазном $I_{к3} = f(I_f)$ и несимметричных двухфазном $I_{к2} = f(I_f)$, однофазном $I_{к1} = f(I_f)$ коротких замыканиях.

Электрические схемы обмотки якоря генератора при проведении опытов показаны на рис.2. Схема цепи возбуждения приведена на рис. 1.



а б в

Рис. 2. Электрические схемы обмотки якоря
опытов короткого замыкания:а – трехфазного, б – двухфазного, в – однофазного

Внимание! Собрав одну из указанных схем, при разомкнутом выключателе SA1 приводят ротор во вращение двигателем М и измеряют ток короткого замыкания генератора от ЭДС остаточного магнитного потока.

Замкнув SA1, плавно увеличивают ток возбуждения до тех пор, когда ток якоря $I_к$ достигнет номинального значения. При проведении опытов получают по три значения тока короткого замыкания и тока возбуждения для каждой схемы, записывают их в табл. 5. Строят характеристики короткого замыкания в одних осях координат.

Таблица 5

Характеристики короткого замыкания

№ опыта	3-х фазное		2-х фазное		1 - фазное		Примечание
	$I_{к3}$	I_f	$I_{к2}$	I_f	$I_{к1}$	I_f	
	А	А	А	А	А	А	
1 ÷3							$I_H =$, А

9. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе полученных результатов необходимо дать следующие пояснения в отчете.

Характеристика холостого хода:

- почему зависимость является нелинейной;
- вывод о степени насыщения магнитной цепи.

Нагрузочная характеристика:

- почему характеристика при активно-индуктивном характере нагрузки проходит ниже характеристики холостого хода;
- почему для получения одного и того же напряжения на клеммах обмотки якоря при нагрузке и при холостом ходе требуют устанавливать разные токи возбуждения.

Внешние характеристики:

- укажите причины изменения величины напряжения при изменении тока нагрузки;
- объясните взаимное расположение характеристик при различных характерах нагрузки.

Регулировочные характеристики:

- укажите причины изменения величины тока возбуждения при изменении тока нагрузки;
- объясните взаимное расположение характеристик при различных характерах нагрузки.

Характеристики короткого замыкания:

- почему характеристики однофазного, двухфазного и трехфазного коротких замыканий имеют различный наклон к оси абсцисс;
- почему характеристики линейны;
- когда опытные характеристики не проходят через начало координат.