

050204. Генератор постоянного тока с независимым возбуждением

Цель работы: ознакомиться с основными свойствами генератора постоянного тока с независимым возбуждением, его характеристиками и эксплуатационными показателями.

Требуемое оборудование:

Модульный учебный комплекс МУК-ЭП1 в составе:

- Блок питания двигателя постоянного тока БПП1;
- Блок питания асинхронного двигателя БПА1;
- Машинный агрегат МА1-АП.

Краткое теоретическое введение

Генератор постоянного тока представляет собой преобразователь механической энергии в электрическую энергию постоянного тока. Генераторы постоянного тока широко используют в различных промышленных, транспортных и других установках для питания электроприводов с широким регулированием скорости вращения. Для вращения генераторов применяют электродвигатели переменного тока, паровые турбины или двигатели внутреннего сгорания.

Свойства генераторов постоянного тока определяются в основном способом питания их обмоток возбуждения. В зависимости от этого различают генераторы независимого возбуждения и самовозбуждения.

Генераторы независимого возбуждения бывают с электромагнитным возбуждением, в которых обмотка возбуждения ОВ питается постоянным током от постороннего источника, и с постоянными магнитами. В основном все мощные машины постоянного тока имеют независимое возбуждение.

На рис.1, изображена принципиальная схема генератора независимого возбуждения. Здесь Я – якорь, ОВ – обмотка возбуждения, U и U_B – напряжения на зажимах генератора и цепи возбуждения, $I_{Я}$ – ток якоря, I – ток, отдаваемый генератором в сеть, I_B – ток возбуждения.. В цепи обмотки возбуждения включают реостат R_B для регулирования тока возбуждения. Таким образом, в генераторе независимого возбуждения $I_{Я}=I$ и в общем случае $U_B \neq U$.

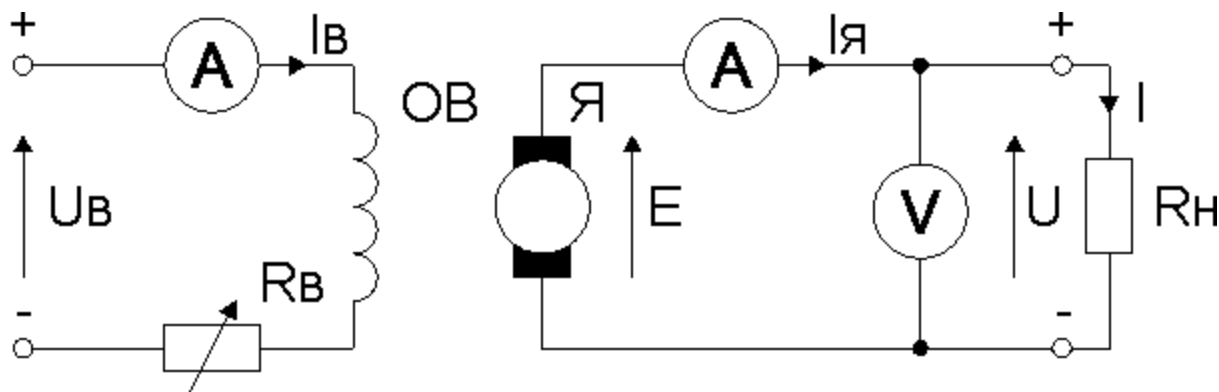


Рис. 1

Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции. Якорь генератора вращается каким-либо первичным двигателем. В обмотку возбуждения подается ток от возбудителя, создающий основное магнитное поле машины. При вращении якоря проводники его

обмотки пересекают магнитное поле полюсов и, согласно закону электромагнитной индукции в якоре наводится ЭДС E , действующее значение которой равно:

$$E = c \cdot n \cdot \Phi, \quad (1)$$

где c - постоянный коэффициент;
 n - скорость вращения;
 Φ - магнитный поток.

Напряжение на зажимах генератора определяется из уравнения электрического равновесия генератора:

$$U = E - I_{\text{я}} R_{\text{я}} \quad (2)$$

где $I_{\text{я}}$ - сила тока якоря;
 $R_{\text{я}}$ - сопротивление цепи якоря.

Свойства генераторов анализируют по характеристикам – зависимостям между основными величинами, определяющими работу генераторов. К таким величинам относят напряжение на зажимах U , ток возбуждения I_B , ток якоря или нагрузки I , частоту вращения n . Обычно генераторы работают при $n = \text{const}$.

Основные характеристики генераторов: холостого хода, короткого замыкания, внешняя, регулировочная, нагрузочная.

Характеристика холостого хода (х.х.х.) представляет зависимость ЭДС якоря E (или напряжения на якорной обмотке U) ненагруженного генератора ($I_{\text{я}} = 0$) от тока возбуждения I_B при $n = \text{const}$. (рис.2 а).

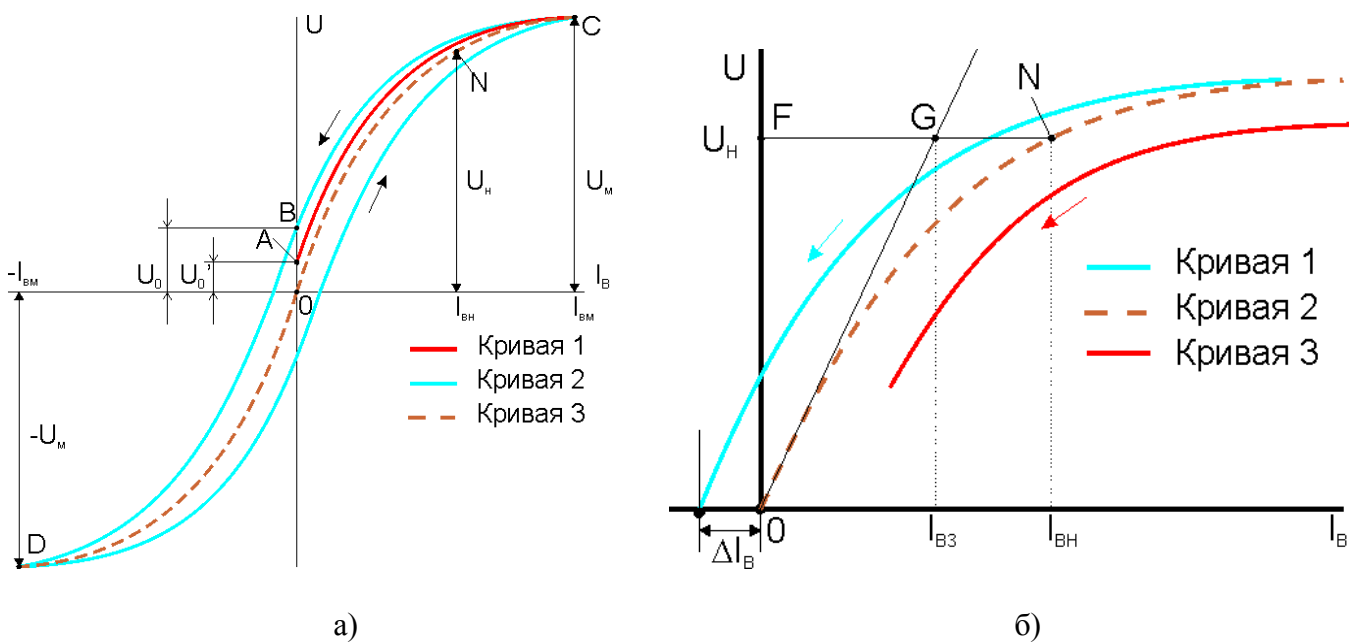


Рис.2

Зависимость $U = f(I_B)$ повторяет в некотором масштабе зависимость, $\Phi = f(I_B)$ т. е. представляет характеристику намагничивания машины. В машине всегда имеется остаточный магнитный поток, поэтому в начальный момент времени при $I_B = 0$ на зажимах генератора будет присутствовать напряжение $U_0' = E_0'$.

При увеличении тока возбуждения I_B от 0 до наибольшего значения I_M зависимость $U = f(I_B)$ будет соответствовать кривой 1 и достигнет значения U_M . Обычно $U_M = (1.1 - 1.25) U_H$.

При снижении тока возбуждения кривая напряжения 2 проходит выше кривой 1 вследствие возросшего значения остаточного магнитного потока. Если при $I_B=0$ изменить полярность возбуждения и увеличивать I_B в обратном направлении, кривая пройдет через точку D соответствующую значению $-U_M$. Вернувшись к значению тока возбуждения равному нулю получим полную петлю гистерезиса. Штриховой линией на рис.2а. показана расчетная х.х.х., которая имеет в начальной части прямолинейный характер вследствие того, что при малых токах возбуждения почти вся МДС идет на проведение магнитного потока через зазор, т. е. среду с постоянной магнитной проницаемостью. Далее идет средненасыщенная часть характеристики холостого хода – колено кривой, а затем ее сильнонасыщенная часть.

Точка N, соответствующая номинальному напряжению U_H , обычно лежит на колене кривой, так как при работе машины на прямолинейной части кривой напряжение генератора неустойчиво, а при работе на насыщенной части кривой ограничивается возможность регулирования напряжения и возрастают магнитные потери.

Поскольку х.х.х. не является однозначной функцией, то рекомендуют два способа нахождения расчетной х.х.х. При первом способе снимается полная петля х.х.х. и за расчетную характеристику принимается средняя линия, проходящая через начало координат (рис2а., кривая 3). Применяется этот способ для машин мощностью менее 1 кВт.

При втором способе снимают только нисходящую ветвь, начиная ее с наибольшего значения тока возбуждения (рис2б.). Для получения расчетной х.х.х., проходящей через начало координат, снятую характеристику смещают по оси абсцисс на величину ΔI_B , полученной путем графической экстраполяции этой характеристики до пересечения с осью абсцисс.

Х.х.х. позволяет оценить степень насыщения машины по величине коэффициента насыщения k_H . Согласно рис.2б. k_H можно определить по формуле:

$$k_H = \frac{I_{BH}}{I_{B3}}, \quad (3)$$

где I_{BH} – ток возбуждения, обеспечивающий при холостом ходе номинальную E_H или U_H ;
 I_{B3} – часть тока возбуждения, которая соответствует магнитному напряжению воздушного зазора.

Считается, что при

- $k_H \leq 1,2$ – машина слабо насыщена;
- $k_H = 1,2 \dots 1,4$ – машина насыщена средне;
- $k_H \geq 1,4$ – машина сильно насыщена.

По х.х.х. можно определить долю остаточного магнитного потока от потока при номинальном напряжении. Так как $E \sim \Phi$, то $\delta\Phi_0 \sim \delta U_0$. Следовательно, величину $\delta\Phi_0$ в процентах можно найти как:

$$\delta\Phi_0 = \frac{U_0}{U_H} 100\% \quad (4)$$

Обычно $\delta\Phi_0$ не превышает 2-3%.

Нагрузочная характеристика показывает ту же зависимость, что и характеристика холостого хода, но при некотором токе якоря неизменном на протяжении опыта: $U=f(I_B)$ при $I=const, n=const$.

Вследствие падения напряжения на сопротивлениях якорной обмотки и размагничивающего действия МДС $F_{Я}$ обмотки якоря нагрузочные характеристики генераторов независимого возбуждения проходят ниже и правее характеристики холостого хода (кривая 3 рис.2б).

Внешняя характеристика выражает зависимость напряжения генератора от тока нагрузки $U=f(I)$ при неизменном значении тока возбуждения $I_B = const$ и скорости вращения $n=const$.

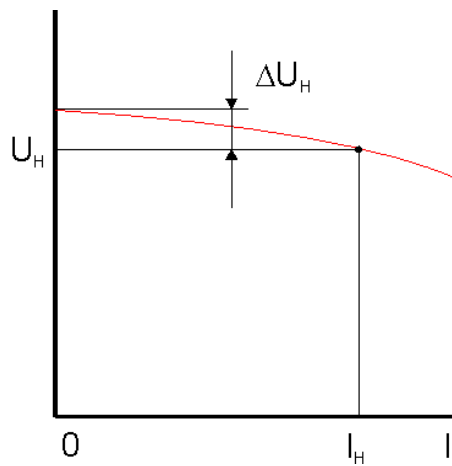


Рис. 3

У генераторов независимого возбуждения внешняя характеристика падающая: по мере увеличения нагрузки (тока якоря) напряжение генератора уменьшается из-за роста падения напряжения на сопротивлении якорной цепи (см. уравнение напряжения (2)) и размагничивающего действия МДС обмотки якоря, уменьшающей магнитный поток, а следовательно и E якорной обмотки.

Внешнюю характеристику рекомендуется снимать при таком возбуждении $I_B = I_{BH}$, когда $I = I_H$ и $U = U_H$ (номинальный режим). При переходе к холостому ходу $I = 0$ (напряжение возрастает на определенную величину ΔU_H (рис.4)). Номинальное изменение напряжения генератора в процентах можно найти как:

$$\delta U_H = \frac{\Delta U_H}{U_H} 100\% \quad (5)$$

Для генераторов постоянного тока с независимым возбуждением величина δU_H составляет 5-15%.

Точка внешней характеристики с $U=0$ определяет значение тока короткого замыкания машины при полном возбуждении. Сопротивление R_{Σ} мало и ток в 5–15 раз превышает I_B , который опасен для машины, так как возникает круговой огонь, большие механические усилия и моменты вращения.

Регулировочная характеристика $I_B = f(I)$ при $U = const$ и $n = const$ определяет закон изменения тока возбуждения, для поддержания величины напряжения на зажимах машины неизменным при изменении нагрузки.

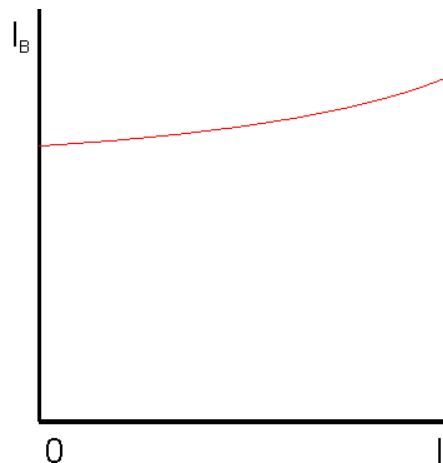


Рис. 4

У генераторов с независимым возбуждением регулировочные характеристики возрастающие, что объясняется падающим характером внешних.

С увеличением тока нагрузки I ток возбуждения I_B необходимо несколько увеличить, чтобы компенсировать падение напряжения $R_{\Sigma}I$ и действие реакции якоря. При переходе от холостого хода с $U=U_H$, к номинальной нагрузке $I=I_H$ увеличение тока возбуждения составляет 15–25 % (рис.4).

Методика эксперимента

Исследование режимов работы генератора постоянного тока с независимым возбуждением проводится на модульном учебном комплексе МУК-ЭП1, который состоит из:

- блока питания двигателя постоянного тока БПП1;
- блока питания асинхронного двигателя БПА1;
- электромашинного агрегата МА1-АП.

В качестве исследуемого генератора постоянного тока использован двигатель ПЛ073У3 (220В, 180 Вт, 1500 об/мин). Автоматическая коммутация обмоток двигателя и подключение измерительных приборов осуществляется в блоке БПП1.

В качестве электрической машины, вращающей вал генератора использован асинхронный двигатель (АД) АИР63А4 (220В, 250 Вт, 1395 об/мин) с соединением обмоток типа «треугольник». Автоматическая коммутация обмоток АД и подключение измерительных приборов к нему осуществляется в блоке БПА1.

При работе с комплексом МУК-ЭП1 необходимо соблюдать следующую последовательность в работе:

Работа с БПА1. Включите БПА1 в сеть. Установите нажатием кнопки «Треугольник» соответствующий режим коммутации обмоток асинхронного двигателя и измерительных приборов. Включение питания обмоток АД осуществляется нажатием кнопки «Пуск/Стоп». Отключение режима двигателя осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

Регулировка частоты сети при внешнем управлении осуществляется регулятором $F_{инв}$.

Внимание: Запуск АД должен осуществляться при отсутствии нагрузки на валу.

Работа с БПП1. Включите БПП1 в сеть. Установите нажатием кнопок «Генератор» и соединение обмоток «Независимое возбуждение» соответствующий режим коммутации обмоток двигателя постоянного тока и измерительных приборов. Для запуска ДПТ в режиме торможения необходимо в блоке БПП1 нажать кнопку «Пуск/Стоп». Остановка ДПТ осуществляется повторным нажатием кнопки «Пуск/Стоп».

Управление нагрузкой генератора осуществляется нажатием кнопок «+» и «-».

Работа с тахометром. Измерение частоты вращения производится при помощи тахометра, который расположен в электромашинном агрегате МА1-АП. В случае возникновения аварийной ситуации нажмите кнопку аварийного останова типа «Грибок», расположенной на передней панели машинного агрегата МА1-АП.

Схема работы комплекса после коммутаций блоков представлена на рис. 5.

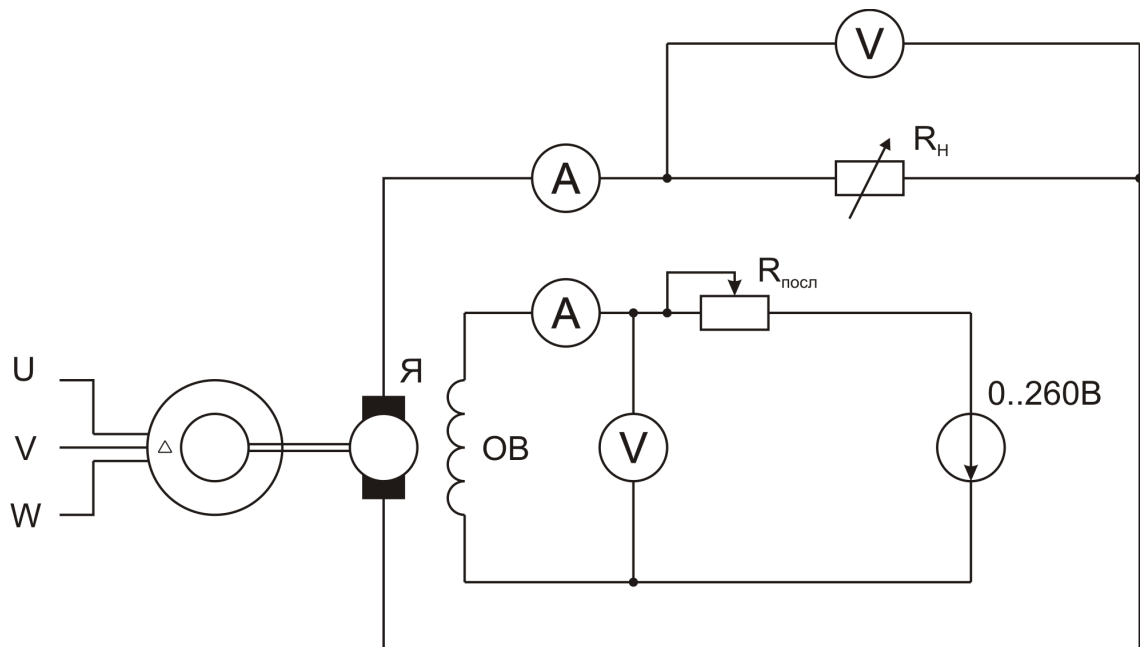


Рис. 5

Рекомендуемое задание

1. Снять экспериментальную характеристику холостого хода: $U=f(I_B)$ при $n=const$.

Характеристика снимается следующим образом:

– Осуществите запуск АД. После разгона двигателя установите по тахометру частоту работы преобразователя соответствующей 1500 об/мин двигателя.

– Осуществите пуск генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Установите максимальное значение тока возбуждения. Для этого реостат $R_{посл}$ переведите в нулевое положение, а регулятор напряжения обмотки возбуждения переведите в максимальное положение.

– Постепенно уменьшая значение тока возбуждения снять характеристику холостого хода (10-12 точек). Это можно осуществить путем уменьшения напряжения обмотки возбуждения или увеличением значения реостата возбуждения $R_{посл}$. Обороты вала двигателя необходимо контролировать с помощью тахометра. Корректировку оборотов двигателя проводить преобразователем блока БПА1.

– По данным опыта построить экспериментальную характеристику холостого хода $U=f(I_B)$.

2. Снять экспериментальную нагрузочную характеристику: $U=f(I_B)$ при $n=const, I=const$.

Характеристика снимается следующим образом:

– Осуществите запуск АД. После разгона двигателя установите по тахометру частоту работы преобразователя соответствующей 1500 об/мин двигателя.

– Осуществите пуск генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Установите максимальное значение тока возбуждения. Для этого реостат $R_{посл}$ переведите в нулевое положение, а регулятор напряжения обмотки возбуждения переведите в максимальное положение.

– Кнопками «+», «-» управления нагрузкой установите значение тока якоря близким 500 мА. Регулятор напряжения обмотки возбуждения добейтесь точного значения тока якоря 500 мА. Запишите показания амперметра обмотки возбуждения и вольтметра якорной обмотки.

– Уменьшите кнопкой «-» нагрузку. Регулятором напряжения обмотки возбуждения добейтесь также точного значения тока якоря 500 мА. Запишите показания амперметра обмотки возбуждения и вольтметра якорной обмотки.

– Приделайте аналогичные опыты, уменьшая сопротивление нагрузки до минимального значения.

– По данным опытов построить на графике х.х.х. нагрузочную характеристику $U=f(I_B)$.

3. Снять экспериментальную внешнюю характеристику $U=f(I)$ при $I_B = const$ и $n = const$.

Характеристика снимается следующим образом:

– Осуществите запуск АД. После разгона двигателя установите по тахометру частоту работы преобразователя соответствующей 1500 об/мин двигателя.

– Осуществите пуск генератора постоянного тока с независимым возбуждением. Установите ток возбуждения равный 250мА. Меняя сопротивление нагрузки, установите значение тока якоря близкое к 700мА. Меняя ток возбуждения, добейтесь показаний тока якоря 700 мА. Напряжение на генераторе будет соответствовать выбранному номинальному значению. Сохраняя неизменными значения тока возбуждения и скорость вращения двигателя и увеличивая значение сопротивления нагрузки снять внешнюю характеристику $U=f(I)$. По результатам измерения рассчитайте номинальное изменение напряжения генератора в процентах δU_H

4. Снять экспериментальную регулирующую характеристику $I_B=f(I)$ при $U = const$ и $n = const$.

Характеристика снимается следующим образом:

– Осуществите запуск АД. После разгона двигателя установите по тахометру частоту работы преобразователя соответствующей 1500 об/мин двигателя.

– Осуществите пуск генератора постоянного тока с независимым возбуждением в режиме холостого хода. Установите значение тока возбуждения, соответствующее номинальному значению напряжения (равному выбранному значению в п.3).

– Уменьшите значение сопротивления нагрузки кнопкой «-» на один шаг. Меняя ток возбуждения добейтесь номинального значения напряжения генератора.

– Уменьшая сопротивление до минимального значения, получите регулировочную характеристику.

Список использованных источников

Лабораторная №1 по курсу «Электрические машины». Методические указания к лабораторным работам для студентов специальностей 10.01, 10.04, 17.01, 18.09, 21.05 дневного, вечернего и заочного / Сост.: А. С. Чернышова. – Владивосток: ДВПИ, 2003.