

www.opprib.ru
e-mail: info@opprib.ru

050205. Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением

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

Требуемое оборудование:

Модульный учебный комплекс МУК-ЭП 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.

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:

$$E = cn\Phi, \tag{1}$$

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

Напряжение на зажимах генератора определяется из уравнения электрического равновесия генератора**:**

$$U = E - I_Я \cdot R_Я \tag{2}$$

где $I_Я$ - сила тока якоря;
$R_Я$ - сопротивление цепи якоря.

Основными характеристиками генератора постоянного тока независимым возбуждением являются следующие:

- Характеристика самовозбуждения
- Холостого хода;
- Внешняя;

– Регулировочная;
– Нагрузочная.
– КПД

Характеристика самовозбуждения представляет собой зависимость напряжения на зажимах генератора в режиме холостого хода от частоты вращения *n* при неизменном сопротивлении цепи возбуждения.

Установив номинальное напряжение генератора при номинальной частоте вращения, постепенно уменьшают частоту вращения и снимают значения напряжения и частоты вращения якоря генератора. По этим показаниям строят характеристику самовозбуждения (рис. 1).

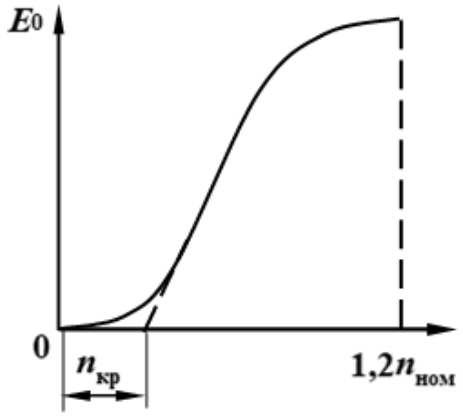


Рис. 1

На некотором участке характеристики самовозбуждения, соответствующем небольшой частоте вращения, показания вольтметра не зависят от частоты вращения. Соответствующая этому явлению частота вращения называется критической $n_{кр}$. Самовозбуждение генератора возможно лишь при частоте вращения, превышающей критическую. Величина $n_{кр}$ зависит от сопротивления цепи возбуждения: с увеличением сопротивления величина $n_{кр}$ возрастает.

Характеристика холостого хода (х.х.х.) представляет зависимость ЭДС якоря *E* (или напряжения на якорной обмотке *U*) ненагруженного генератора ($I_Я=0$) от тока возбуждения $I_В$ при *n=const*. Характеристика холостого хода при параллельном возбуждении может быть снята только в одном квадранте путем регулирования Iв с помощью регулировочного реостата в цепи возбуждения. Так как ток Iв мал, то Ua Ea и характер кривой характеристики холостого хода у генератора с параллельным возбуждением будет таким же, как и у генератора с независимым возбуждением.

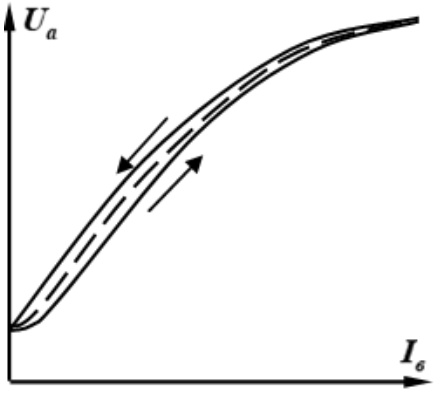


Рис. 2

Несовпадение кривых, полученных при увеличении и уменьшении тока возбуждения, объясняется наличием гистерезиса в стали, из которой выполнена магнитная система машины. За расчетную принимается средняя кривая (на рис. 4.13 показана штриховой линией). При Iв = 0 в обмотке якоря наводится эдс Еост, которая создается полем остаточного магнетизма статора и носит название эдс остаточного магнетизма. Она примерно равна 1–3% номинального напряжения машины. Для практических целей обычно ограничиваются снятием части петли, которую получают, уменьшая ток возбуждения Iв . В начальной части характеристики холостого хода эдс изменяется пропорционально току возбуждения, а затем её рост замедляется, что объясняется насыщением стальных участков магнитной цепи. Практическое значение характеристики холостого хода заключается в том, что по ней можно судить о степени насыщения магнитной цепи машины. Кроме того, эта характеристика необходима для построения других характеристик машины.

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.

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

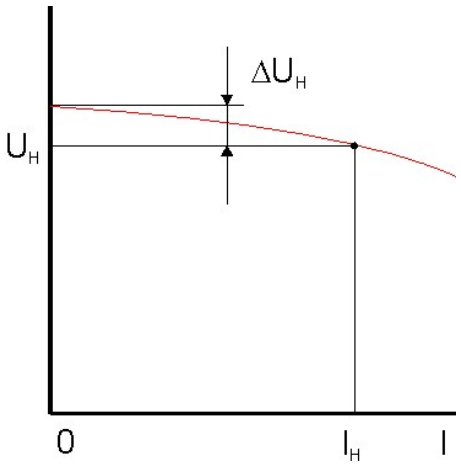


Рис. 3

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.3)). Номинальное изменением напряжения генератора в процентах можно найти как:

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

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 $R_Я$ мало и ток в 5-15 раз превышает $I_В$, который опасен для машины, так как возникает круговой огонь, большие механические усилия и моменты вращения.

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

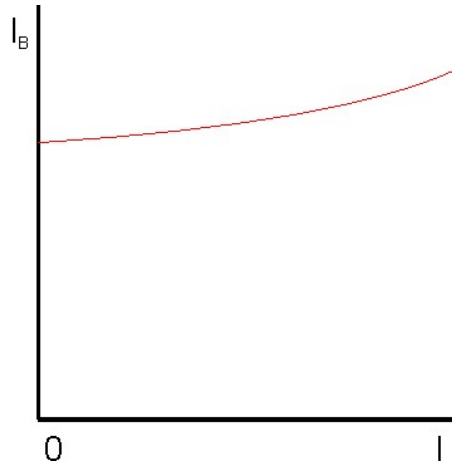


Рис. 4

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

С увеличением тока нагрузки I ток возбуждения $I_В$ необходимо несколько увеличить, чтобы компенсировать падение напряжения $R_Я I$ и действие реакции якоря. При переходе от холостого хода с $U=U_Н$, к номинальной нагрузке $I=I_Н$ увеличение тока возбуждения составляет 15 25 %

Зависимость КПД от полезной мощности

КПД — это отношение полезной мощности ***P2***, развиваемой генератором, к той механической мощности ***P1***, которую развивает двигатель на своём валу, вращая якорь генератора.

$$\eta = \frac{P2}{P1} \tag{6}$$

Где $P2=I_{НАГ}U_{НАГ}=Uя(Iя-I_В)$

$$P_1 = \frac{nM}{9.52} \tag{7}$$

Кривая КПД, как функция полезной мощности представлена на рис.5. Возрастание кривой КПД при малых значениях полезной мощности объясняется низкими значениями потерь короткого замыкания. С ростом нагрузки влияние потерь короткого замыкания возрастает (эти потери зависят от квадрата тока нагрузки), и рост КПД замедляется. После достижения максимального значения КПД уменьшается и становится равным нулю в режиме короткого замыкания.

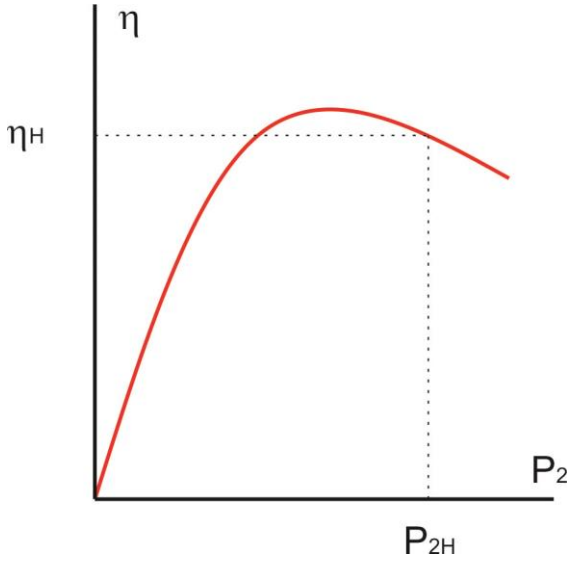


Рис. 5

Максимальное значение коэффициента полезного действия машин постоянного тока мощностью более 10 кВт составляет 0,85…0,96, причём большие значения соответствуют машинам большей мощности. У машин мощностью до 50 Вт он существенно меньше и составляет всего 0,15…0,5.

Методика эксперимента

Исследование режимов работы генератора постоянного тока с независимым возбуждением проводятся 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 ПЛ072У3 (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.



Рис. 6

При работе с комплексом МУК-ЭП 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 и 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. 7.

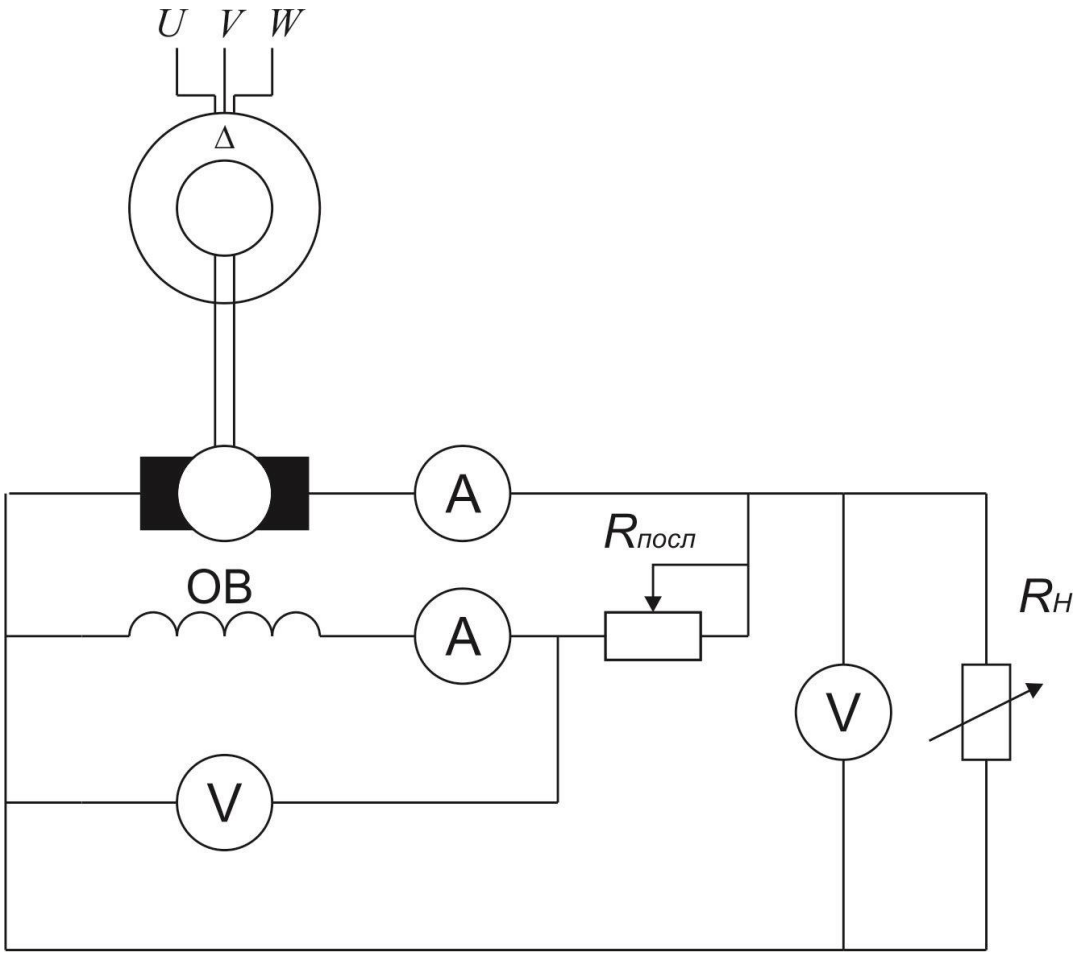


Рис. 7

Рекомендуемое задание

1. Снять экспериментальную характеристику самовозбуждения:

Характеристика снимается следующим образом:

Осуществите пуск двигателя с помощью БПА1 согласно методики эксперимента. Установите частоту 60 Гц.

Установите $R_{посл}$ переведите в нулевое положение.

Осуществите пуск генератора в БПП1 согласно методики эксперимента

Пронаблюдайте за самовозбуждением

Понижая частоту асинхронного двигателя снимите зависимость $\boldsymbol{U_Я}$ от $\boldsymbol{n}$.

По экстраполяции найдите значение $\boldsymbol{n_{кр}}$

2. Снять экспериментальную характеристику холостого хода: $U=f(I_В)$ 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.

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 $\boldsymbol{U_Я=f(I_В)}$.

3. Снять экспериментальную нагрузочную характеристику: $U_Я=f(I_В)$ 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 параллельным возбуждением. Установите максимальное значение тока возбуждения. Для этого реостат $R_{посл}$ переведите в нулевое 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 $\boldsymbol{U=f(I_В)}$.

4. Снять экспериментальную внешнюю характеристику $U_Я=f(I)$ при $I_В=const$ 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 $\delta U_Н$.

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

Установите значение тока возбуждения, соответствующее номинальному значению напряжения (равному выборному 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.

6. Снять зависимость КПД от полезной мощности

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 параллельным возбуждением в режиме холостого хода.

Уменьшая значение сопротивления нагрузки кнопкой «-» измерьте значение ***M*** с помощью измерительного устройства. При этом контролируйте частоту вращения двигателя.

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.