

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

**ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ**

Методические указания к лабораторным занятиям по курсу
«Электромеханика» для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»,
«Электротехника и электроника», «Электротехника, электроника и
электрооборудование» для студентов специальностей: 190201, 280101, 190601,
190603, 151201, 220301, 150202, 260601, 151001, 190202, 200503

Курган 2011

Кафедра: «Энергетики и технология металлов»

Дисциплина: «Электромеханика» (специальность 140211)

Составили: доцент, канд. техн. наук Агафонов Ю.П.

Утверждены на заседании кафедры 30 августа 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета
«15» ноября 2012 г.

РАБОТА № 5

ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Цель работы: Ознакомиться с конструктивным устройством двигателя постоянного тока (ДПТ), аппаратурой пуска и управления, методами пуска, реверсирования и регулирования частоты вращения и основным методом испытания ДПТ небольшой мощности с параллельным возбуждением. Опытным путем получить рабочие, механические и электромеханические характеристики. Оценить на основании полученных характеристик некоторые свойства ДПТ с параллельным возбуждением.

Теоретические пояснения

Пуск ДПТ мощностью более 0,5 кВт непосредственно от сети не может быть осуществлен из-за большого пускового тока. Для уменьшения величины пускового тока в цепь якоря на период пуска вводят пусковой реостат. В процессе разгона ДПТ сопротивление пускового реостата постепенно уменьшают и к концу доводят до нулевого значения.

Реверсирование (изменение направления вращения) ДПТ может осуществляться двумя способами: изменением полярности на зажимах якоря или обмотки возбуждения.

Частота вращения n ДПТ определяется по выражению:

$$n = \frac{U - (R_{\text{я}} - R_{\text{д}}) \cdot I_{\text{я}}}{K_{\text{е}} \cdot \Phi} U - (R_{\text{я}} + R_{\text{д}}) \quad , \quad (5.1)$$

где U - напряжение сети;

$R_{\text{я}}$ - сопротивление цепи якоря;

$R_{\text{д}}$ - сопротивление добавочного реостата, включенного последовательно в цепь обмотки якоря;

$K_{\text{е}}$ - постоянная, зависящая от конструктивных данных ДПТ.

Из выражения (5.1) вытекает, что возможны три различных способа регулирования частоты вращения ДПТ: включением добавочного реостата $R_{\text{д}}$ в цепь обмотки якоря; изменением магнитного потока Φ (тока возбуждения $I_{\text{в}}$) двигателя; изменением подводимого напряжения U .

Повышение частоты вращения ДПТ ограничено условиями коммутации, механической прочностью и допустимым током якоря при постоянстве момента сопротивления на валу машины. Поэтому при опытах не следует допускать увеличения частоты вращения более 20 % сверх номинальной $n_{\text{н}}$.

Свойства ДПТ характеризуются его рабочими характеристиками. К ним относятся зависимости частоты вращения n , момента на валу двигателя M ,

потребляемого из сети тока I и КПД двигателя η от полезной мощности на валу двигателя P_2 при $U = U_n = \text{const}$ и $I_b = I_{bn} = \text{const}$.

Электромеханической характеристикой ДПТ называется зависимость частота вращения n от тока якоря I_a , а механической – зависимость n от момента на валу двигателя M соответственно при постоянных величинах питающего напряжения U и магнитного потока Φ .

Электромеханические и механические характеристике ДПТ, соответствующие номинальному напряжению сети при отсутствии внешних сопротивлений в цепях якоря и обмотки возбуждения, называются естественными. Все другие характеристики называются искусственными.

Чем больше величина добавочного сопротивления R_d , тем меньше при данном токе или моменте частота вращения n , т.е. характеристика естественная.

Процентное изменение частоты вращения ДПТ при номинальной нагрузке определяется по выражению:

$$\Delta n \% = \frac{n_0 - n_n}{n_n} \cdot 100, \quad (5.2)$$

где $n_0 = U / K_e \cdot \Phi$ – частота вращения идеального холостого хода ДПТ;

n_n – частота вращения ДПТ при номинальной нагрузке.

Для ДПТ с параллельным возбуждением $\Delta n \%$ обычно равно 5-15.

Мощность, потребляемая ДПТ от питающей сети, определяется по выражению:

$$P_1 = U \cdot (I_a + I_b). \quad (5.3)$$

При работе ДПТ имеют место электрические, магнитные и механические потери. Коэффициент полезного действия находится по выражению:

$$\eta = P_2 / P_1, \quad (5.4)$$

где P_2 , P_1 – потребляемая из сети и отдаваемая на валу мощности ДПТ соответственно.

Момент на валу ДПТ определяется по выражению:

$$M = 9,55 \cdot P_2 / n, \quad (5.5)$$

где P_2 – полезная мощность на валу ДПТ, Вт;

n – частота вращения ДПТ, об/мин.

Схема экспериментальной установки для испытания ДПТ с параллельным возбуждением приведена на рис.5.1. Она состоит из двух машин постоянного тока типа ПН-45, сцепленных между собой муфтой. Мишина Д используется в качестве испытуемого ДПТ. В ее цепях предусматриваются: пусковой реостат типа РЗП-2 завода "Электросила", регулировочный реостат P_b и необходимые измерительные приборы.

Пусковой реостат РЗП-2 применяется для ограничения пускового тока двигателя, а регулировочный реостат P_b для изменения тока возбуждения. Пусковой реостат имеет максимальное реле, защищающее двигатель от перегрузки, и контактор, автоматически отключающий двигатель при падении напряжения в сети на 30-40 % и при срабатывании максимального реле.

Зажимы обмоток ДПТ на схеме обозначены следующими буквами: якоря - Я1, Я2; параллельной обмотки возбуждения – Ш1, Ш2.

Машина Г служит в качестве нагрузочного генератора, создающего тормозной момент на валу испытуемого ДПТ. Нагрузка генератора осуществляется посредством включенного в цепь его якоря жидкостного реостата. Изменяя сопротивление жидкостного реостата, можно изменять ток в цепи якоря нагрузочного генератора и момент на валу ДПТ.

Отдаваемая нагрузочным генератором мощность определяется по выражению:

$$P_r = U_r \cdot I_r, \quad (5.6)$$

где U_r, I_r – напряжение и ток нагрузочного генератора соответственно.

Коэффициент полезного действия агрегата двигатель – генератор определяется по выражению:

$$\eta_{дг} = \eta_d \cdot \eta_r = P_r / P_1. \quad (5.7)$$

Так как двигатель и генератор одноступенчатые, то приближенно можно считать, что $\eta_{дг} = \eta_d$. Тогда

$$\eta = \sqrt{\frac{P_r}{P_1}}. \quad (5.8)$$

По КПД двигателя η и мощности P_1 , подводимой к нему, определяется полезная мощность на валу двигателя:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta. \quad (5.9)$$

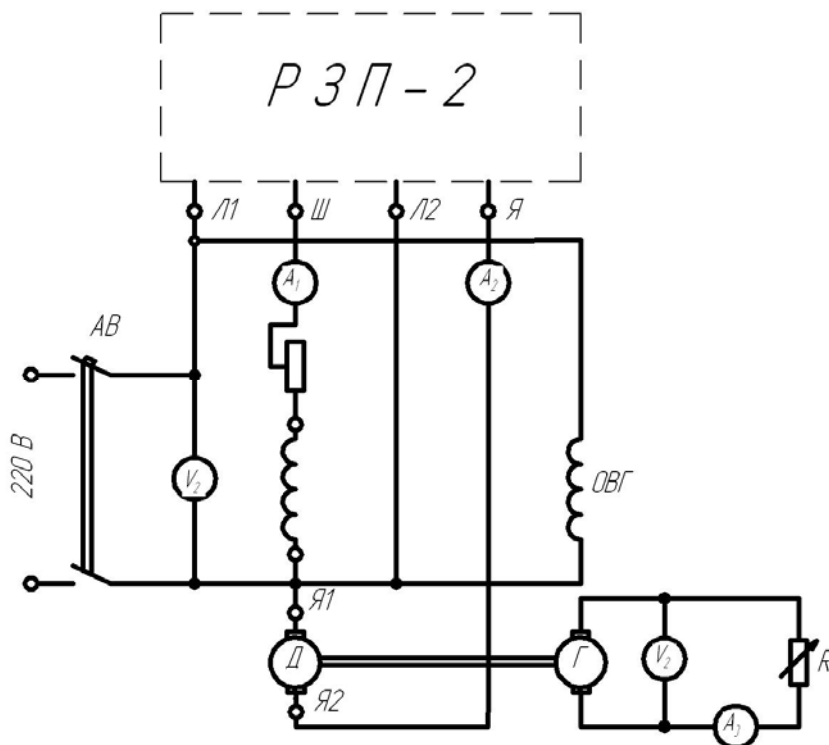


Рис.5.1. Схема экспериментальной установки для исследования ДПТ с параллельным возбуждением
Порядок выполнения работы

1. Пользуясь плакатами и препарированными машинами, имеющимися в лаборатории, ознакомиться с устройством, основными элементами конструкции испытуемого ДПТ.
2. Записать в таблицу 5.1 паспортные данные ДПТ.

Таблица 5.1

Тип	P_H	U_H	I_H	η_H	n_H	I_{BH}
	кВт	В	А	-	об/мин	А

3. Проверить соответствие измерительной и пусковой аппаратуры паспортным данным ДПТ.
4. Собрать электрическую цепь для испытания ДПТ по схеме, приведенной на рис. 5.1. Особо тщательно должна быть собрана цепь возбуждения, так как при обрыве ее ДПТ при малых нагрузках идет вразнос.
5. После проверки собранной электрической цепи по схеме 5.1 преподавателем осуществить пуск ДПТ на холостом ходу при помощи пускового реостата РЗП-2. При этом электроды жидкостного реостата R должны быть подняты, чтобы они не касались электролита.

Примечание. Перед пуском ДПТ пусковой реостат должен быть полностью введен (штурвал РЗП-2 занимает крайнее левое положение), а регулировочный реостат P_6 полностью выведен. Затем пусковое сопротивление постепенно выводится (штурвал РЗП-2 плавно поворачивается по часовой стрелке). По завершении процесса пуска пусковой реостат выводится полностью (крайнее правое положение штурвала РЗП-2), а регулировочный реостат устанавливается в таком положении, чтобы ДПТ развивал номинальную частоту вращения при номинальной нагрузке.

6. Снять рабочие характеристики двигателя, то есть зависимости I_a , M , η , n от P_2 при $U = U_H = \text{const}$ и $I_b = I_{BH} = \text{const}$. Для этого нагружают двигатель посредством нагрузочного генератора от $I_a = I_{a \text{ х.х.}}$ до $I_a = 1,2 \cdot I_{aH}$ и снимают показания всех измерительных приборов. Производится пять замеров при токах $I_a = (0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25) I_{aH}$. Частота вращения двигателя измеряется при помощи тахометра. Результаты всех измерений занести в таблицу 5.2.

Примечание. При снятии всех остальных характеристик двигателя производится также по 5-6 замеров.

Таблица 5.2

Измерено						Вычислено			
U	I_a	I_b	n	U_r	I_r	P_1	P_2	η	M
В	А	А	об/мин	В	А	Вт	Вт	-	Н·м

7. Снять электрохимические характеристики двигателя $n = f(I_a)$ при $U = U_H = \text{const}$ и $I_b = \text{const}$ для трех различных значений тока возбуждения (по

указанию преподавателя). Для этого пускают двигатель вхолостую и устанавливают необходимый ток возбуждения. После чего измеряют частоту вращения и ток якоря двигателя при различных нагрузках от $I_{я} = I_{я \text{ х.х.}}$ до $I_{я} = 1,2 \cdot I_{ян}$. Данные измерений записать в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

$I_{в1} = \dots \text{ А}$		$I_{в2} = \dots \text{ А}$		$I_{в3} = \dots \text{ А}$	
$I_{я}$	n	$I_{я}$	n	$I_{я}$	n
А	об/мин	А	об/мин	А	об/мин

8. Снять электромеханические характеристики двигателя $n = f(I_{я})$ при $U = U_{н} = \text{const}$ для трех различных сопротивлений реостата, включенного в цепь якоря (выбираются по согласованию с преподавателем). Во время опыта ток возбуждения поддерживать равным номинальному значению. Данные измерений записать в таблицу 5.4.

Таблица 5.4

$R_{д1} = \dots \text{ Ом}$		$R_{д2} = \dots \text{ Ом}$		$R_{д3} = \dots \text{ Ом}$	
$I_{я}$	n	$I_{я}$	n	$I_{я}$	n
А	об/мин	А	об/мин	А	об/мин

Методические рекомендации по обработке результатов эксперимента

1. Пользуясь опытными данными таблицы 5.2, рассчитать мощность, потребляемую двигателем из сети P_1 , коэффициент полезного действия η , мощность на валу двигателя P_2 и момент двигателя M при различных нагрузках по выражениям (5.3; 5.8; 5.9; 5.5). Результаты расчета записать в таблицу 5.2. Пример расчета привести в отчете.
2. По данным таблицы 5.2 в одной системе координат построить рабочие характеристики, то есть кривые зависимостей $I_{я}$, M , η , n от P_2 и в другой системе координат механическую характеристику $n = f(M)$.
3. По данным таблицы 5.3 в одной системе координат построить электромеханические характеристики ДПТ для трех различных значений тока возбуждения.
4. По данным таблицы 5.4 в одной системе координат построить электромеханические характеристики ДПТ, естественную и искусственные, для трех различных значений сопротивления реостата, включенного в цепь якоря.
5. По данным таблицы 5.2 определить процентное изменение частоты вращения ДПТ для номинальной нагрузки по выражению 5.2.

Контрольные вопросы

1. Как устроен двигатель постоянного тока параллельного возбуждения?
2. Для чего нужен пусковой реостат и из каких соображений выбирают величину его сопротивления?
3. Какими способами можно изменить направление вращения якоря двигателя?
4. Каково назначение главных и добавочных полюсов в двигателе?
5. Какая из электромеханических характеристик двигателя постоянного тока параллельного возбуждения отличается наибольшей жесткостью?
6. Какими способами можно регулировать частоту вращения якоря двигателя и чем ограничен ее верхний предел?
7. Поясните, почему при работе двигателя постоянного тока наблюдается искрение щеток? Как с ним бороться?
8. Поясните назначение дополнительных полюсов двигателя постоянного тока.

Литература

1. Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины. Уч. пособие.- М.: Академия, 2006, с. 231-239.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. - М.: Академия, 2005.- С.239-260.

Юрий Петрович Агафонов

**ИСПЫТАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С
ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ**

Методические указания к лабораторным занятиям по курсу
«Электромеханика» для студентов специальности 140211 «Электроснабжение»,
«Электротехника и электроника», «Электротехника, электроника и
электрооборудование» для студентов специальностей: 190201, 280101, 190601,
190603, 151201, 220301, 150202, 260601, 151001, 190202, 200503

Авторская редакция

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 0,75	Уч.-изд. л. 0,75
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.