

Лабораторная работа № 2

Исследование характеристик коллекторного двигателя постоянного тока

Цель лабораторной работы: изучение статических характеристик и характера переходных процессов в двигателе постоянного тока с независимым возбуждением от постоянных магнитов при изменении управляющего напряжения, внешнего силового воздействия, а также в зависимости от соотношения значений основных параметров двигателя.

Задачи лабораторной работы

- приобретение навыков формирования математических моделей исполнительных двигателей электромеханических систем как динамических объектов с помощью средств системы визуального моделирования *Simulink* на примере модели коллекторного двигателя постоянного тока (ДПТ) с возбуждением от постоянного магнитного поля;
- изучение характера переходных процессов в ДПТ и определение электромагнитной и электромеханической постоянных времени двигателя путем проведения вычислительных экспериментов;
- исследование свойств ДПТ в установившихся режимах работы;
- определение регулировочной характеристики ДПТ при непрерывном регулировании напряжения, подаваемого на якорную цепь двигателя;
- определение механической характеристики ДПТ при изменении нагрузочного момента;
- исследование зависимости динамических свойств ДПТ от момента инерции ротора и приведенного момента инерции объекта управления.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Запустите *Matlab* и откройте окно для создания модели *Simulink*. С помощью мыши «перетащите» нужные модули из библиотеки *Simulink* на рабочее поле модели и соедините их линиями связи в соответствии со структурной схемой модели двигателя постоянного тока. Присвойте имя программной модели и сохраните ее в каталоге, указанном преподавателем.

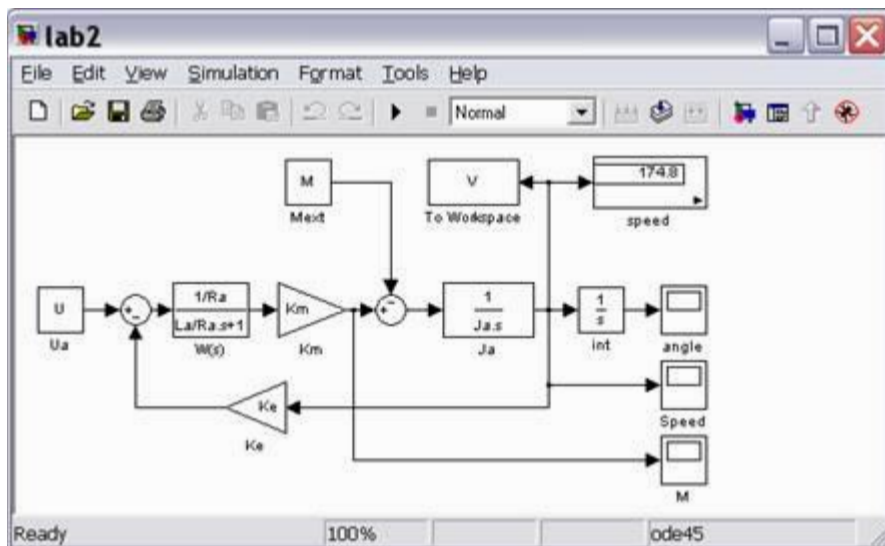


Рис.1

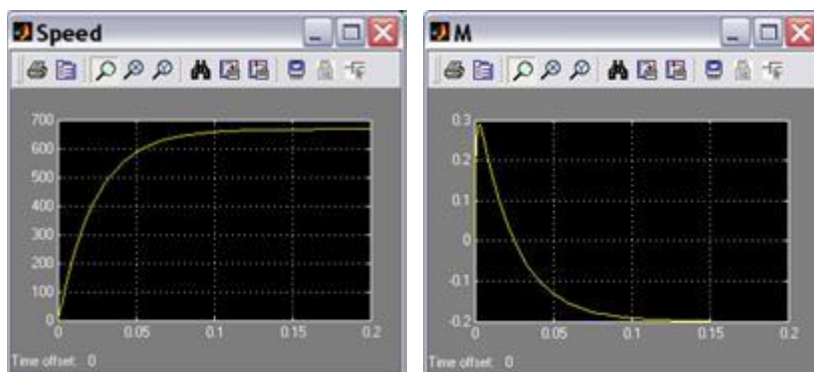
Числовые значения параметров модели ДПТ для своего варианта задайте как переменные в окне **Command Window** ^[1] в соответствии с в таблицей.

```
clear           % Очистка Workspace
Ra=4.0;        % Активное сопротивление обмотки якоря
La=0.004;      % Индуктивность обмотки якоря
Ja=0.00002;    % Момент инерции ротора
Km=0.043;      % Коментный коэффициент двигателя
Ke=0.043;      % Коэффициент противоЭДС
Unom=24;       % Номинальное напряжение двигателя
Umax=40;       % Напряжение источника энергии
Mnom=0.2;      % Номинальный момент двигателя
```

Двигатель	$U_{ном}$	$n_{ном}$	$I_{ном}$	$R_{я,}$	T_z	$J_{дв,}$	k_e
	В	об/мин	А	Ом	мс	кгм ²	Вс/рад
ДПР62Н1-02	27	6000	0,72	4	1	$3,60 \cdot 10^{-6}$	0,043
ДПР72Н1-07	12	4500	2,20	0,56	0,65	$7,80 \cdot 10^{-6}$	0,025
ПЯ250Ф	36	3000	9,50	1	1	$2,92 \cdot 10^{-4}$	0,115
ДПУ200	92	3000	7,40	1,53	1,1	$7,80 \cdot 10^{-4}$	0,293
ДП40-50-4-24-Р10-Д41	24	4000	2,30	1,6	1	$1,25 \cdot 10^{-5}$	0,043
ДП50-60-4-24-Р10-Д41	24	4000	5,30	0,28	1,5	$6,08 \cdot 10^{-5}$	0,043

- Снимите переходной процесс изменения угловой скорости вала двигателя ω и тока якоря $I_{я}$ при ступенчатом изменении напряжения $U_{я}$. Для этого введите номинальное значение $U_{я}$, указанное в табл.1, и задайте нулевое значение возмущающего момента $M_{в}$ от внешних сил. Установите необходимые значения параметров процесса моделирования, раскрыв поочередно разделы **Simulation** и **Parameters**. Общее время моделирования рекомендуется принимать приблизительно равным $4T_m$. Предварительно необходимо вычислить значения электромагнитной и электромеханической постоянных времени рассматриваемого ДПТ.

3. Получите и зарисуйте переходные процессы скорости и тока при номинальном значении напряжения якоря и внешнем моменте, равном нулю.



4. Определите по полученным графикам время переходного процесса $T_{\text{пн}}$ ^[2] скорости двигателя ω и перерегулирование σ ^[3]. Сопоставьте установившееся значение скорости вала двигателя со значением, которое ожидается на основании теоретических положений. Дайте объяснение характеру изменения тока якоря.

Примечание: Для апериодического процесса справедливо соотношение $T_{\text{пн}} \approx 3\tau$.

5. Определите значение электромеханической постоянной времени двигателя T_m по переходному процессу угловой скорости вращения вала двигателя. Сопоставьте полученное значение с ожидаемым значением, вычисленным теоретически. Если эти значения отличаются, объясните, чем это может быть вызвано.
6. Приложите к валу внешний момент $M_{\text{вн}} = -0.5M_{\text{п}}$ и $M_{\text{вн}} = 0.5M_{\text{п}}$, где $M_{\text{п}}$ - расчетное значение пускового момента двигателя. Получите переходные процессы скорости и тока якоря. Приведите графики в отчете.

Как изменяется характер переходных процессов при действии внешнего возмущающего момента? Как влияет $M_{\text{в}}$ на установившиеся значения скорости и тока?

7. Изучите влияние момента инерции подвижных частей, приведенных к валу двигателя, на динамические свойства ДПТ ($M_{\text{вн}} = 0$).

Для этого рассмотрите переходные процессы при ступенчатом изменении напряжения на якоре, при значении момента инерции на валу ротора: $J = J_a$, $J = 2J_a$ и $J = 4J_a$.

Последний два варианта означают, что вал двигателя связан с объектом, обладающим приведенным к валу ДПТ моментом инерции, равным моменту инерции ротора и превышающим его в 3 раза, соответственно.

Как изменяются $T_{\text{пн}}$, σ , $\omega(\infty)$ и тока якоря?

Зафиксируйте в отчете и объясните результаты.

8. Путем вычислительного эксперимента определите значение электромагнитной постоянной времени двигателя T_z . Для этого необходимо рассмотреть переходные процессы при заторможенном вале двигателя. Поэтому измените структуру программы моделирования таким образом, чтобы внешний момент был равен электромагнитному моменту двигателя. Значение T_z определите непосредственно по графику переходного процесса тока якоря и сопоставьте со значением, полученным на основании теоретического расчета. Объясните результаты.
9. Повторить предыдущий опыт при значениях напряжения управления, равных 50% и 25% от номинального напряжения. Зафиксируйте результаты и сделайте вывод о влиянии напряжения управления U_y на скорость и ток двигателя. Изменяются ли значения $T_{\text{пн}}$ и σ ?
10. Постройте по 5 точкам ($U_y = -U_{\text{ном}} \div U_{\text{ном}}$) регулировочную характеристику двигателя при $M_{\text{вн}}=0$.

	$-U_{\text{ном}}$	$-0,5U_{\text{ном}}$	0	$0,5U_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}}$
$\omega(\infty)$					

11. Постройте по 5 точкам ($M_{\text{вн}} = -M_{\text{п}} \div M_{\text{п}}$) механическую характеристику двигателя при $U_y=0.5U_{\text{ном}}$.

	$-M_{\text{п}}$	$-0,5M_{\text{п}}$	0	$0,5M_{\text{п}}$	$M_{\text{п}}$
$\omega(\infty)$					

12. Постройте семейства механической и регулировочной характеристик ДПТ. Для этого проведите автоматизированную серию вычислительных экспериментов при значениях напряжения якоря и значениях внешнего момента приведенных в таблице:

	$-1,5U_{\text{ном}}$	$-U_{\text{ном}}$	$-0,5U_{\text{ном}}$	0	$0,5U_{\text{ном}}$	$U_{\text{ном}}$	$1,5U_{\text{ном}}$
$-1,5M_{\text{п}}$							
$-M_{\text{п}}$							
$-0,5M_{\text{п}}$							
0							
$0,5M_{\text{п}}$							
$M_{\text{п}}$							
$1,5M_{\text{п}}$							

Для этого воспользуйтесь программой:

```
clear           % Очистка Workspace
Ra=4.0;         % Активное сопротивление обмотки якоря
La=0.004;       % Индуктивность обмотки якоря
Ja=0.00002;     % Момент инерции ротора
Km=0.057;       % Коментный коэффициент двигателя
Ke=0.057;       % Коэффициент противоЭДС
Unom=24;        % Номинальное напряжение двигателя
Umax=40;        % Напряжение источника энергии
Mnom=0.35;      % Номинальный момент двигателя
Nu=7;          % Число точек Удв, нечетное
Nm=7;          % Число точек Мвн, нечетное
```

% Выполнение расчетов

```

for j=1:Nu, % Цикл изменения Uя
    j1=j-(Nu+1)/2;
    U=Unom*2*j1/(Nu-1); U1(j)=U;
    for i=1:Nm, % Цикл изменения Mвн
        i1=i-(Nm+1)/2;
        M=Mnom*2*i1/(Nm-1); M1(i)=M;
        sim('lab2.mdl',0.20),
        n=size(V); % Размерность вектора
        Au(j,i)=V(n(1)), % Заполнение массива
        Am(i,j)=V(n(1)), % Заполнение массива
    end
end

% Вывод графика "Семейство регулировочных характеристик"
figure(1); set(1,'Name','Семейство регулировочных характеристик');
plot(U1,Au); GRID;
title('Семейство регулировочных характеристик')
xlabel('Напряжение на якоре двигателя, V')
ylabel('Установившаяся скорость вращения, 1/s')
legend('Mext=', 'Mext=', 'Mext=', 'Mext=0', 'Mext=', 'Mext=', 'Mext=')

% Вывод графика "Семейство нагрузочных характеристик"
figure(2); set(2,'Name','Семейство нагрузочных характеристик');
plot(M1,Am); GRID;
title('Семейство нагрузочных характеристик')
xlabel('Внешний момент, Nm')
ylabel('Установившаяся скорость вращения, 1/s')
legend('Ua=', 'Ua=', 'Ua=', 'Ua=0', 'Ua=', 'Ua=', 'Ua=')

```

Изучите приведенную программу. Обработайте полученные графики. Если надписи не читаемы, примените к ним шрифт GOST type A.

Сделайте выводы по результатам построения механической и регулировочной характеристик ДПТ.

13. Оформите отчет, в который включите схемы моделирования, исходные данные, все полученные числовые оценки, графики процессов и выводы по результатам проведенной лабораторной работы.

^[1] Параметры можно задавать непосредственно в соответствующем блоке моделирования. Для того, чтобы изменить эти значения, надо открыть окно настройки соответствующего блока дважды «щелкнув» левой кнопкой мыши по изображению этого блока. В окне настройки следует изменить значения параметров. Например, в блоке W(s), изображение которого имеет вид передаточной функции аperiodического звена, необходимо изменить значения параметров, стоящих в []. В полях *Numerator* (числитель) и *Denominator* (знаменатель).

^[2] Экспериментально время переходного процесса можно оценить, как время, за которое процесс входит в 5% трубку относительно установившегося значения.

^[3] Перегулирование σ определяется как % превышения максимального значения процесса относительно его установившегося значения.