

## Домашнее задание к ЛР №3

### 1. Работа с блоками Simulink

В этом задании Вам предлагается разработать простейшую модель двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Напомним, что он описывается следующей системой уравнений:

$$J_{\text{дв}} \ddot{\phi} = M_{\text{дв}} - M_{\text{тр}} - M_{\text{нагр}};$$

$$M_{\text{дв}} = k_M I_{\text{я}};$$

$$L_{\text{я}} \dot{I}_{\text{я}} + R_{\text{я}} I_{\text{я}} = U_{\text{упр}} - E_{\text{противо}};$$

$$E_{\text{противо}} = k_{\omega} \dot{\phi},$$

где

- $J_{\text{дв}}$  – момент инерции вала двигателя;
- $\phi$  – угловое положение вала двигателя;
- $M_{\text{дв}}$  – полезный момент, создаваемый двигателем;
- $M_{\text{тр}}$  – момент трения;
- $M_{\text{нагр}}$  – момент сопротивления, создаваемый нагрузкой вала двигателя;
- $k_M, k_{\omega}$  – конструктивные коэффициенты момента и скорости двигателя;
- $I_{\text{я}}$  – сила тока в цепи якоря (ротора) двигателя;
- $R_{\text{я}}, L_{\text{я}}$  – активное сопротивление и индуктивность обмоток якоря соответственно;
- $U_{\text{упр}}$  – напряжение управления двигателя по цепи якоря;
- $E_{\text{противо}}$  – противоэдс, наводящееся в цепи якоря.

Для простоты будем считать, что двигатель работает в режиме холостого хода ( $M_{\text{нагр}} = 0$ ) и момент, создаваемый в результате трения, пренебрежимо мал ( $M_{\text{тр}} = 0$ ).

Необходимо совершить следующую последовательность действий:

- 1.1. Согласно Вашему варианту домашнего задания получить исходные данные: конкретную модель двигателя и её параметры из таблицы (рис. 1);
- 1.2. С помощью формул из справочного материала к заданию пересчитать табличные данные на двигатель в параметры модели;
- 1.3. Составить структурную схему двигателя постоянного тока независимого возбуждения, пользуясь приведенными выше дифференциальными уравнениями ( $U_{\text{упр}}$  – вход системы,  $\varphi$  – выход). При этом подойдет любая структурная схема, не имеющая тривиальный вид, то есть не состоящая из одной передаточной функции. Если с этим пунктом возникнут вопросы, вы можете обратиться в интернет, однако куда полезнее будет разобраться самостоятельно;
- 1.4. Собрать полученную структурную схему в Simulink. Замкнуть её единичной обратной связью. Подать на вход единичный сигнал и проверить адекватность выхода.
- 1.5. Получить графики углового положения вала двигателя, его угловой скорости и ускорения, а также сигнала ошибки при единичном входном сигнале несколькими способами:
  - 1.5.1. При помощи блока Scope;
  - 1.5.2. При помощи Data Inspector и логирования сигналов;
  - 1.5.3. При помощи вызова Model Linearizer.
- 1.6. Повторить пункты 1.5.1 и 1.5.2 для линейного и квадратического входного сигнала. Сделать вывод об астатизме системы.

Справочные формулы:

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi n_{\text{ном}}}{30};$$

$$L_{\text{я}} \approx 0.1 \frac{J_{\text{я}} R_{\text{я}}^2}{k_M k_{\omega}};$$

$$k_M = \frac{M_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}};$$

$$k_{\omega} = \frac{U_{\text{ном}} - R_{\text{я}} I_{\text{я.ном}}}{\omega_{\text{ном}}};$$

Вариант задания определяется по формуле:

$$K = \text{mod}((i^2 + i + 1), 18) + 1,$$

где  $i$  – Ваш номер в журнале группы.

Этому варианту соответствует двигатель (рис. 1), порядковый номер которого, считая сверху вниз, равен  $K$ .

Тип двигателя	Рд ном Вт	Нд ном об/мин	Уя ном В	Ія ном А	Ря ОМ	Јд*10 <sup>-6</sup> кг*м <sup>2</sup>	т кг	Лка
ДПР-32Н1-01	1.9	9000	27	0.14	37	0.2	0.08	5.2
ДПР-42Н1-01	4.7	9000	27	0.29	13	0.57	0.15	7.2
ДПР-52Н1-01	9.4	9000	27	0.53	3.6	1.7	0.26	14.1
ДПР-62Н1-01	12.6	9000	27	1.0	2.1	3.6	0.41	12.8
ДПР-72Н1-02	18.8	4500	27	1.0	2.9	7.8	0.6	9.3
ДПР-72Н1-01	25.1	6000	27	1.35	1.7	7.8	0.6	11.8
ДВИ-111-02	40	6000	27	2.6	3.8	7	1.5	2.7
ДВИ-121-02	60	6000	27	3.6	2.5	12	1.7	3.0
ДВИ-211-02	120	6000	27	7.4	1.3	23	3.4	2.8
ДВИ-221-02	180	6000	27	10.8	0.8	32	3.9	3.1
ДВИ-311-02	250	6000	27	14.2	0.6	45	6.3	3.2
ДВИ-321-02	370	6000	27	20.5	0.4	66	7.0	3.3
МИГ-60Б	60	6000	27	3.0	1.5	3.6	1.5	6.0
МИГ-90Б	90	6000	27	4.1	0.7	7.9	2.0	9.4
МИГ-40ДТ	40	6000	27	2.73	2.2	2.9	1.6	4.5
МИГ-90ДТ	90	6000	27	4.6	0.73	11.0	3.5	8.0
МИГ-180ДТ	180	6000	27	9.2	0.33	17.0	5.7	8.9
МИГ-370ДТ	370	6000	27	17.0	0.12	48.0	9.0	13.2

Рис. 1 - Параметры двигателей  
постоянного тока

## 2. Математическая модель движения колёсных машин\*

В этом задании предлагается разработать математическую модель движения простейшей колесной машины, кинетическая схема и уравнения которой представлены ниже.

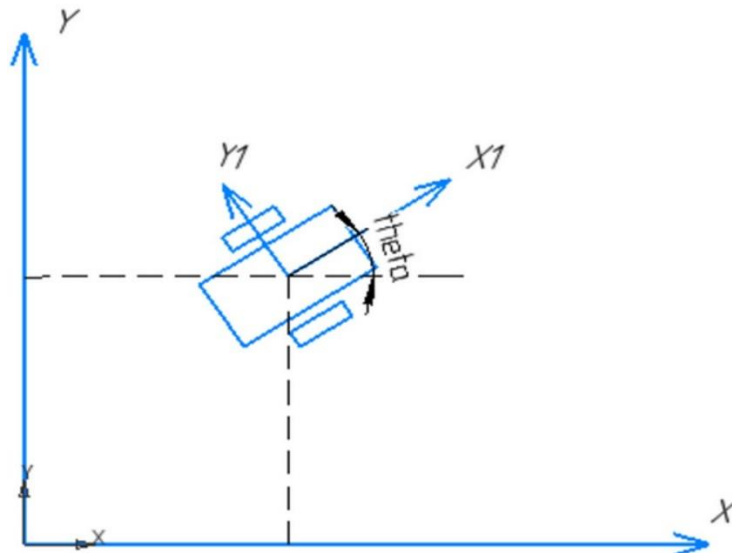


Рис. 2 – Кинетическая схема простейшей колесной машины.

$$\begin{cases} V_x = (r * \dot{\varphi}_l + a * \dot{\theta}/2) \cos \theta \\ V_y = (r * \dot{\varphi}_r - a * \dot{\theta}/2) \sin \theta \\ \dot{\theta} = \frac{r * \dot{\varphi}_r - r * \dot{\varphi}_l}{a} \end{cases}$$

где

- $V_x, V_y$  – линейные скорости машины по осям X и Y соответственно;
- $\dot{\varphi}_r, \dot{\varphi}_l$  – угловые скорости правого и левого колес соответственно;
- $\theta$  – угол отклонения машины от оси X;
- $r$  – радиус колес
- $a$  – расстояние между колес

Необходимо:

- 2.1. Составить структурную схему математической модели колесной машины, пользуясь приведенными выше дифференциальными уравнениями ( $\dot{\varphi}_r$  и  $\dot{\varphi}_l$  – вход системы;  $x$ ,  $y$ ,  $\theta$ ,  $V_x$ ,  $V_y$  – выход). Подойдет любая структурная схема, не имеющая тривиальный вид, то есть не состоящая из одной передаточной функции. Если с этим пунктом возникнут вопросы, вы также можете обратиться в интернет;
- 2.2. Собрать полученную структурную схему в Simulink. Подать на вход левого колеса единичный сигнал, а на вход правого – подать ноль и проверить адекватность выхода (для сравнения график изменения положения представлен ниже). Для интереса также введите свои значения угловых скоростей колес и проверьте адекватность выхода;
- 2.3. Получить графики положения робота на плоскости (при помощи блока ‘**XY Graph**’), его скоростей и угла поворота при подаваемых входных сигналах любым выше используемых способом.

Геометрические параметры колесного робота для всех одинаковые и равны:  $a = 0.2$  м,  $r = 0.1$  м.

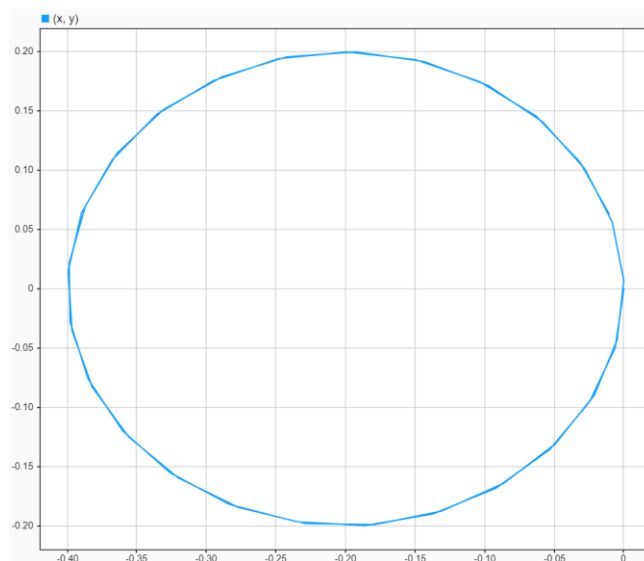


Рис. 3 – График изменения положения колесного робота при симуляции 50с.