

## П5 Программа “zitpd.m”. Расчет переходных процессов в системе ТП-Д

Цель программы – расчет переходных процессов в системе ТП-Д с датчиком интенсивности ЗИ и с ослаблением поля.

В программе для заданных значений начальной и конечной скорости и постоянной времени ЗИ рассчитываются:

- нагрузочные диаграммы пуска и торможения двигателя;
- динамические механические характеристики, а также интегральные пока-затели переходных процессов:
  - активная и реактивная энергии и мощности из сети;
  - активная и реактивная энергии и мощности двигателя;
  - механическая энергия на валу двигателя;
  - среднеквадратичный ток якоря двигателя;
  - угол поворота вала двигателя, и др.

Система ТП-Д (рис. П.11 б) состоит из двигателя независимого возбуждения М, тиристорного преобразователя якорного напряжения ТП и тиристорного преобразователя цепи обмотки возбуждения ТВ. Система обеспечивает двухзонное регулирование скорости в разомкнутом варианте.

В первой зоне напряжение задания скорости  $U_{зАд}$  подаётся на вход датчика интенсивности ЗИ. Выходное напряжение ЗИ изменяется во времени по линейному закону  $U_V = (t)$  до значения напряжения задания скорости  $U_{зАд}$ , обеспечивая линейное изменение ЭДС преобразователя ТП  $E_d$  и скорости идеального холостого хода двигателя  $\bar{U}_y(t) = \bar{E}_d(t) = \bar{\omega}_0(t)$ . Двигатель разгоняется и при  $\omega_0 = \omega_{0кон}$  линейное нарастание ЭДС преобразователя прекращается, на якоре двигателя устанавливается постоянное значение ЭДС преобразователя  $E_d = const$ .

Для работы во второй зоне двигатель разгоняется до выхода на естественную характеристику ТП-Д (при  $\omega_0 = \omega_{0н}$ ), ЭДС преобразователя  $E_d$  устанавливается постоянной  $E_d = U_H$ . напряжение на обмотке возбуждения  $U_B$  изменяется скачком до значения, соответствующего установившемуся режиму ослабленного поля, разгон продолжается до установившегося режима.

Для торможения изменяются начальные условия ( $\omega_{0кон} = 0$ ,  $\omega_{0нач} = \omega_{0уст}$ ), напряжение на обмотке возбуждения скачком устанавливается номинальным. Одновременно идет процесс снижения напряжения на якоре и нарастания тока возбуждения до номинального значения.

Допущения:

- не учитывается режим прерывистых токов;
- линейная зависимость между напряжением управления и ЭДС преобразователя;
- статический момент приведен к валу двигателя;
- не учитывается реакция якоря;
- сопротивления цепей постоянны и не зависят от температуры.

На основании принятых допущений и схемы замещения силовых цепей электропривода (рис. П.11 а) составлена система дифференциальных и алгебраических уравнений, описывающих работу системы ТП-Д (табл. П.6) и структурно-логическая схема системы электропривода (рис. П.12).

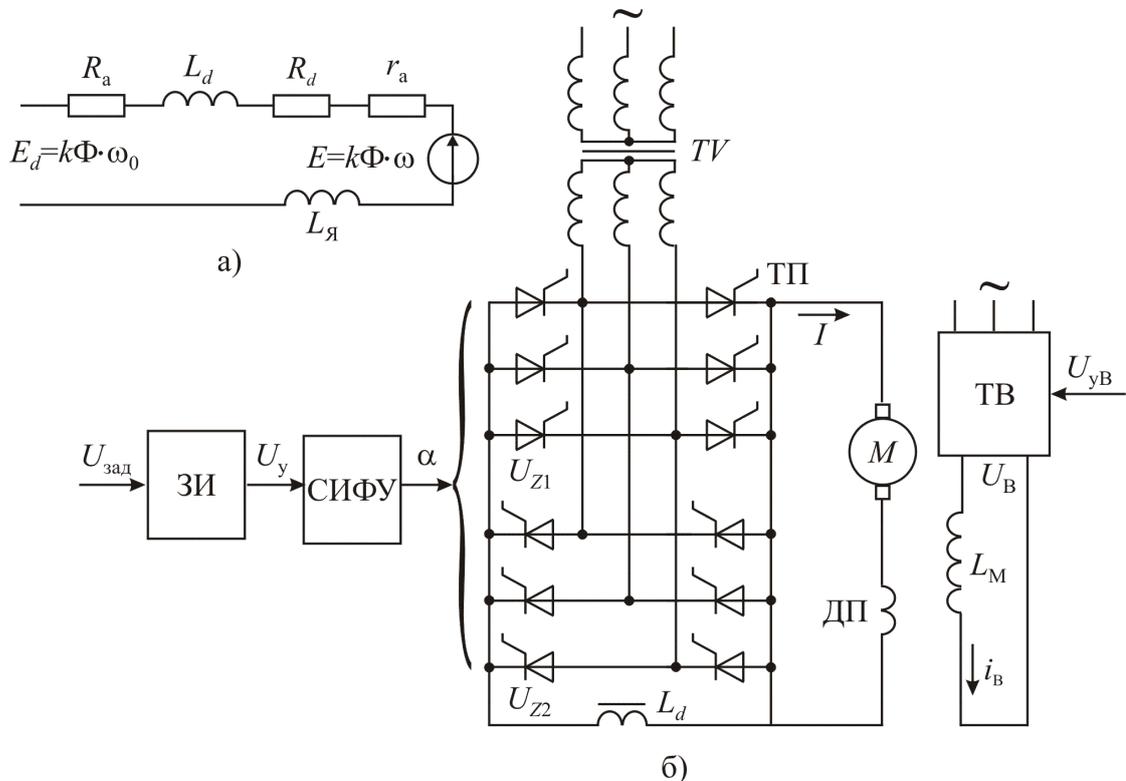


Рисунок П.11. Система ТП-Д с ЗИ и ослаблением поля:  
а) Схема замещения цепи якоря; б) Схема силовых цепей

Табл. П.6

Основные уравнения системы ТП-Д

$$s_2 = \text{sign}(\bar{\omega}_{0\text{кон}} - \bar{\omega}_{0\text{нач}})$$

$$\bar{\omega}_0 = \bar{\omega}_{0\text{нач}} + s_2 \cdot \Delta \bar{\omega}_0 + s_2 \cdot \frac{t}{T_{3И}}$$

$$\bar{t}_B = f(\bar{\Phi})$$

$$T_B \cdot \frac{d\bar{\Phi}}{dt} = \bar{u}_B - \bar{t}_B$$

$$T_{Я} \cdot \frac{d\bar{I}}{dt} = \bar{\omega}_0 \cdot k_{ЯЦ} - \bar{\omega} \cdot \bar{\Phi} \cdot k_{ЯЦ} - \bar{I}$$

$$T_{Д} \cdot \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \bar{\Phi} \cdot \bar{I} - \bar{M}_C - \Delta \cdot \bar{M}$$

$$T_{\alpha} \cdot \frac{d\bar{\alpha}}{dt} = \bar{\omega}$$

Уравнения в программе "zitpd.m"

$$s2 = \text{sign}(woko - wona);$$

$$wo = wona + dwo * s2 + won * s2 * t / Tzi;$$

$$kk = divo / dkfo; \quad kfo = kF / kFn;$$

$$ivo = ivonach + kk * (kfo - kfonach);$$

$$iv = ivo \cdot ivn;$$

$$Tv = Tvb / kk;$$

$$dF = kFn * ((uv / uvn) - ivo) / Tv;$$

$$kF = kF + h * dF;$$

$$dI = (wo - w) * kF / ((Ra + ra) * Ta) -$$

$$Inach / Ta; \quad I = I + h * dI;$$

$$M = kF * I;$$

$$dw = (M - Mc - Mx) / J;$$

$$w = w + h * dw;$$

$$dal = w * h;$$

$$al = al + dal * h.$$

Текст программы “*zitpd.m*” приведен в [13].

**Работа с программой** имеет следующие этапы:

1. Расчёт характеристик выполняется с помощью программного обеспечения *Matlab* .

#### ВНИМАНИЕ!

Отладочную программу “*zitpd.m*” следует использовать в качестве образца при наладке своей программы и в этой программе НИЧЕГО НЕ ИЗМЕНЯТЬ!!!!!!!

Перед началом расчетов сохранить “*zitpd.m*” под другим именем (например, “*zitpd1.m*”) и в ней выполнять свои расчеты.

2. Внимательно прочитайте свою программу. Обозначения физических величин, примененные в программе, часто не совпадают с общепринятыми. Следует разобраться с их обозначениями по комментариям в программе и по табл. П.6.

Уясните алгоритм расчета (рис. П.12).

3. Введите (курсивом показаны параметры, которые следует предварительно рассчитать):

- каталожные данные двигателя;
- обмоточные данные двигателя;
- расчетные данные рабочего органа РО, выбрать характер статического момента  $M_C$ ;

- каталожные данные преобразователя;

- каталожные данные трансформатора;

- каталожные данные дросселя;

- скорость перехода в режим ослабления поля  $\omega_p$ , рад/с;

- напряжение обмотки возбуждения при ослаблении поля  $u_{vp}$ , В.

Если ослабление поля не предусмотрено, установить  $\omega_p \geq \omega_{OH}$  или  $u_{vp} = U_{vp}$ .

- Постоянную времени задатчика интенсивности  $T_{zi}$ , с;

- скачок  $d\omega_0$ , если принят ПИ – задатчик интенсивности.

4. Начинать работу с программой следует с переходного процесса пуска. Установить  $n_i = 0$ .

Ввести начальные условия для пуска:

- начальную скорость идеального холостого хода  $\omega_{0n}$ , рад/с;

- конечную скорость идеального холостого хода  $\omega_{0k}$ , рад/с;

- начальную скорость вала двигателя  $\omega_{n1}$ , рад/с;

- шаг интегрирования  $h$ ;

- предполагаемое время пуска  $t_k$  с выходом на установившийся режим и предполагаемое время торможения  $t_t$  с достижением остановки двигателя.

5. Запустить программу в работу, нажав кнопку со знаком "Save and Run".

6. На рис. П.13 приведены графики по окончании пуска системы ТП-Д с ослаблением поля. Программа выводит два графика:

– figure 1 – нагрузочные диаграммы  $\omega_0$ ,  $\omega$ ,  $M$ ,  $I$ ,  $k\Phi = f(t)$  и интегральные показатели пуска;

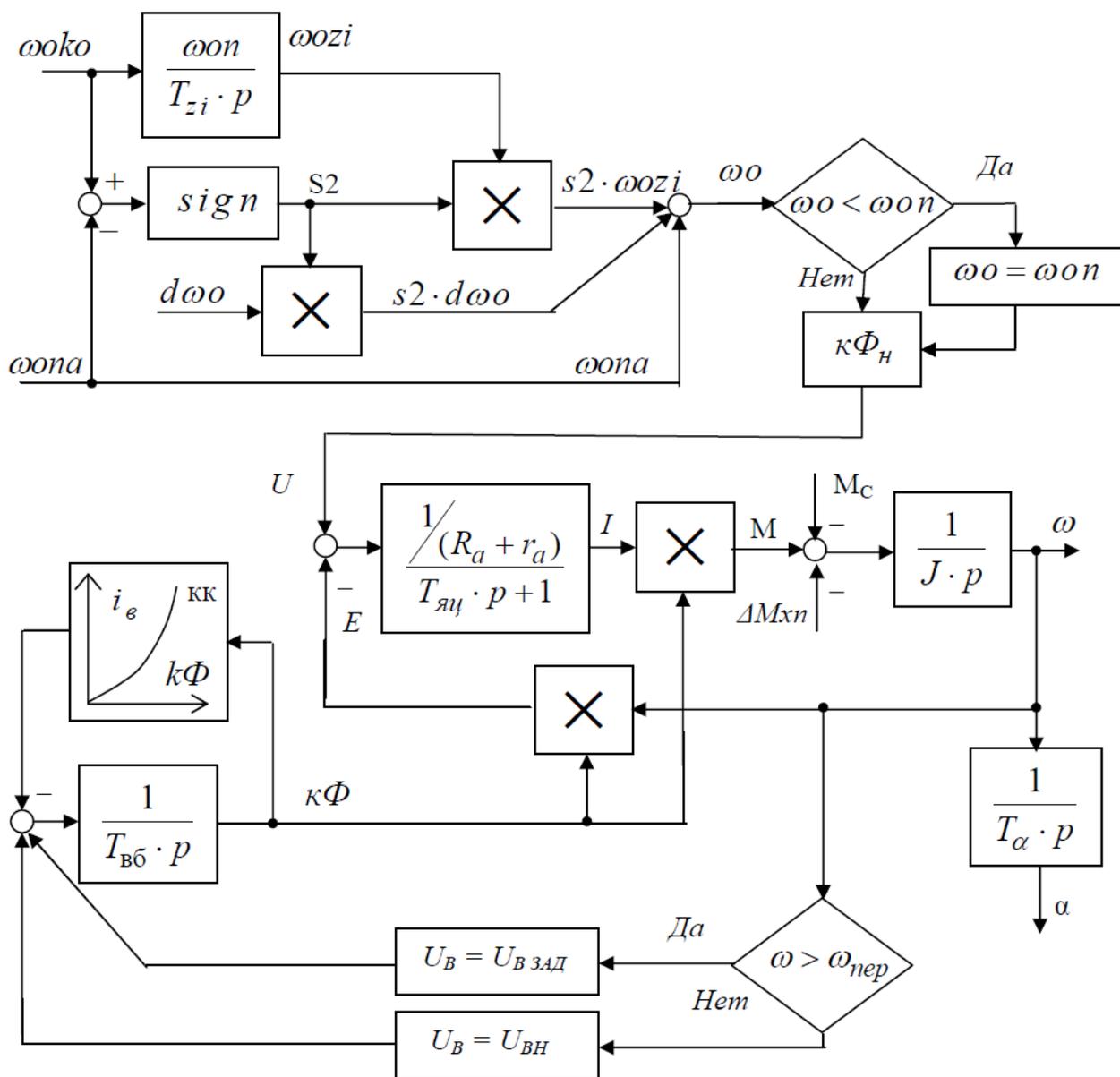


Рисунок П.12. Структурно-логическая схема системы ТП-Д с ослаблением поля

– figure 2 – динамические механические характеристики  $\omega = f(M, I, k\Phi)$ .

На графике figure 1 в верхней части приводятся название программы ziptd и тип двигателя D814. В конце пуска выводятся значения параметров установившегося режима цветом одинаковым с кривыми переходного процесса:

- скорость идеального холостого хода  $\omega_0$ ;
- скорость вала двигателя  $\omega$ ;
- электромагнитный момент  $M$ ;
- ток якоря  $I$ ;
- поток двигателя  $k\Phi$ , в о.е.

Правее выведены постоянная времени двигателя  $T_d$ , скачок скорости  $d\omega_0$  при ПИ – задатчике интенсивности, статический момент на валу  $M_c$ .

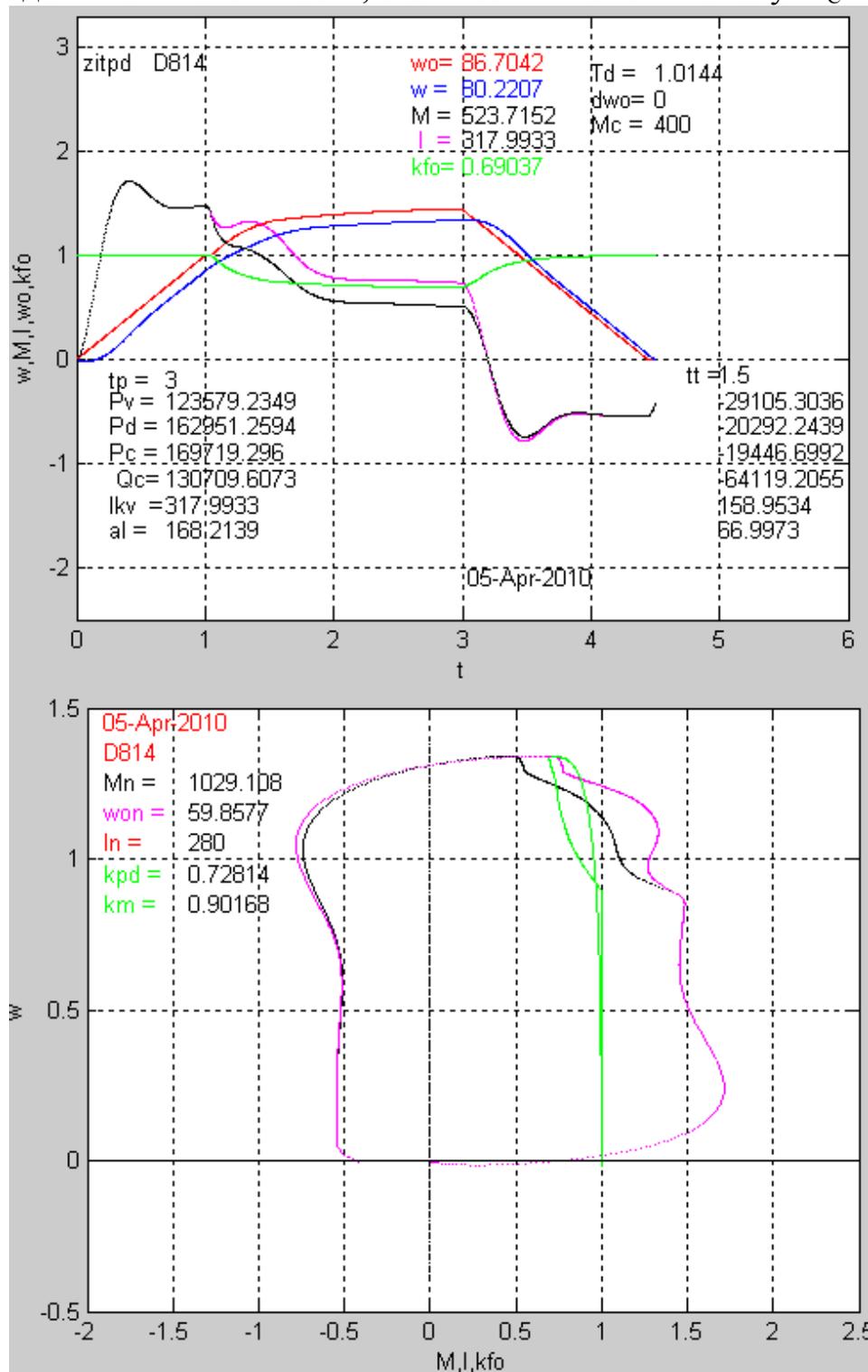


Рисунок П.13. Результаты расчета переходного процесса

Нагрузочные диаграммы  $\omega_0, \omega, M, I, kfo = f(t)$  позволяют оценить поведение двигателя в переходном процессе, его ускорение, максимумы величин и энергетические показатели процесса.

В левой нижней части графика выводятся интегральные показатели пуска: мощности и энергии на различных участках преобразования энергии,

энергетические показатели и показатели нагрева.

Табл. П.7

Интегральные показатели переходного процесса

	Мощность, Вт	Энергия, Вт*с и др.
На валу двигателя	$P_{v1} = (M - M_x) \cdot \omega;$	$A = \int_0^t M(t) \omega(t) dt \cong \sum_{i=1}^n M_i \cdot \omega_i \cdot \Delta t_i.$ $P_v = P_v + P_{v1} \cdot h;$
Поступает на двигатель	$P_{d1} = \omega_0 \cdot k_F \cdot I;$	$P_d = P_d + P_{d1} \cdot h;$
Потери в дросселе		$dP_{dr} = dP_{dr} + r_d \cdot I^2 \cdot h;$
Потери в трансформаторе		$dP_{tr} = dP_{tr} + dP_{kn} \cdot h \cdot (0.816 \cdot I / I_{2n})^2;$
Активная из сети		$P = \int_0^t 3 \cdot U(t) \cdot (I \cos \varphi)(t) dt \cong \sum_{i=0}^n 3 \cdot U_i \cdot (I \cos \varphi)_i \cdot \Delta t.$ $P_c = P_d + dP_{tr} + dP_{dr};$
Коэффициент мощности системы	$k_m = k_{m0} + \omega_0 \cdot k_F / E_{d0}$	$k_{m1} = k_{m1} + k_m \cdot h;$
Реактивная из сети		$Q = \int_0^t 3 \cdot U(t) \cdot (I \sin \varphi)(t) dt \cong \sum_{i=0}^n 3 \cdot U_i \cdot (I \sin \varphi)_i \cdot \Delta t.$ $Q_c = Q_c + h \cdot P_c \cdot \sqrt{(1 - k_m^2)} / k_m;$
Среднеквадратичный ток	$I_{kv} = \sqrt{I_{kvt} / t}$	$I_{kvt} = I_{kvt} + I^2 \cdot h;$
Угол поворота вала двигателя		$\alpha_l = \alpha_l + \omega \cdot h.$

Не убирая с экрана figure1 и figure2, перейти к расчету торможения. Установить  $\mu = 1$  и вновь нажать знак "Save and Run".

По окончании торможения figure1 и figure2 будут дополнены данными переходного процесса торможения (правая нижняя часть figure1).

Сохраните figure1 и figure2 для печати и дальнейшей обработки результатов расчетов (проверок по нагреву, перегрузочной способности, энергетических показателей электропривода и др.)

8. Повторите пп. 3...7 для второго режима работы.