

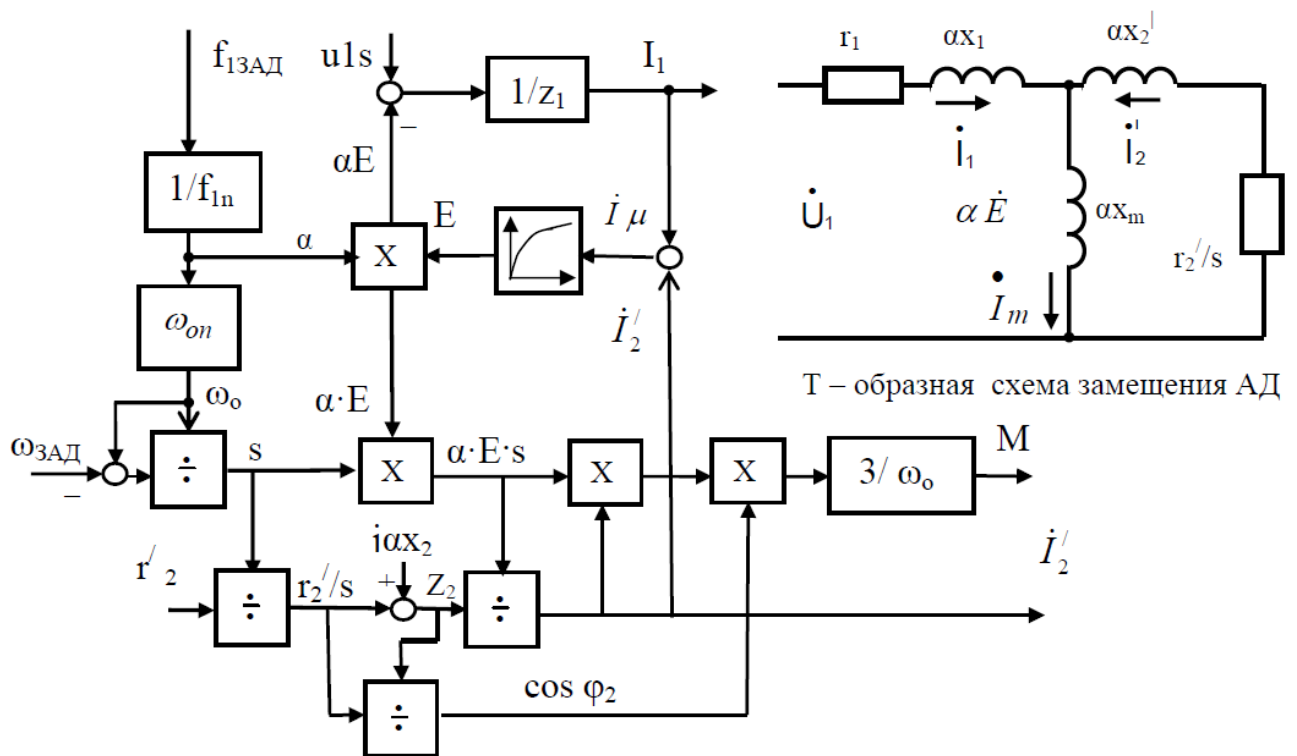
П2 Программа «haradfr.m»

Расчет характеристик асинхронного двигателя

Цель программы – расчет механических $\omega(M)$, электромеханических $\omega(I_1, I_2', I_\mu)$, энергетических $\eta(\omega, M)$, $\cos\varphi(\omega, M)$ характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором АДКЗ и асинхронного двигателя с фазным ротором АДФР при питании от источника:

- напряжения с регулируемой частотой и амплитудой;
- тока с регулируемой частотой и амплитудой;
- постоянного тока – в режиме динамического торможения.

В программе для заданных значений частоты и напряжения (или тока) статора комплексным методом рассчитываются сопротивления, токи, мощность сети, мощность на валу и потери асинхронного двигателя для одной фазы на базе Т-образной схемы замещения (рис. П.5).



Расчетная схема "haradfr.m"

Рисунок П.5. Т-образная схема замещения АД

Основные уравнения АД приведены в табл. П.3.

При расчёте можно учесть внутренние эквивалентные сопротивления источников и преобразователей как в цепи статора, так и в цепи ротора.

Для расчета характеристик принимаются следующие **допущения**:

- ЭДС, токи, потокосцепления – синусоидальны во времени и пространстве;
- параметры цепей постоянны (активные сопротивления и индуктивности не зависят от частоты, насыщение не влияет на индуктивные сопротивления рассеяния x_1 и x_2);

- не учитываются моменты, создаваемые высшими гармониками потока и тока, расчет ведется по первой гармонике;
- гистерезис и вихревые токи отсутствуют;
- механические потери на трение и вентиляцию отсутствуют (отнесены к статическому моменту).

Табл. П.3

Основные уравнения Т-образной схемы замещения АД:	
в технической литературе [3, 5, 7]	в программе “ <i>haradfr.m</i> ”
$\alpha = f_1/f_{1H}$	$a=f1/f1n;$
$z_1 = r_1 + j \cdot \alpha \cdot x_1$	$z1=r1+j*x1*a;$
$z_2' = r_2'/s + j \cdot \alpha \cdot x_2'$	$r2s=(r2p+rdp)/s;$ $z2p=r2s+j*x2p*a;$
$z_\mu = j \cdot \alpha \cdot x_\mu$	$zm=j*xm*a;$
$\dot{z}_{2\mu} = \dot{z}_2' \cdot \dot{z}_\mu / (\dot{z}_2' + \dot{z}_\mu)$	$zmr=zm*z2p/(zm+z2p);$
$\dot{z}_c = \dot{z}_{2\mu} + \dot{z}_1$	$zc=z1+zmr;$
Источник напряжения $\dot{I}_1 = \dot{U}_1 / \dot{z}_c$	$u1=u1s;$ $i1=u1/zc;$
Источник тока $\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \cdot \dot{z}_c$	$i1=i1s;$ $u1=i1*zc;$
$\dot{E} = \dot{I}_1 \cdot \dot{z}_{2\mu}$	$e=i1*zmr;$
$\dot{I}_\mu = \dot{E} / \dot{z}_\mu$	$im=e/zm; Im=abs(im);$
$\dot{I}_2 = \dot{E} / \dot{z}_2'$	$i2p=e/z2p; I2p=abs(i2p);$ $I2=I2p*ke;$
$\cos\varphi_1 = \cos(\arctg(x_\Sigma/r_\Sigma))$	$\cosfi=abs(\cos(\text{angle}(zc)));$
$M = 3 \cdot (I_2')^2 \cdot r_2' / (\alpha \cdot \omega_{0H})$	$M=3*I2p^2*r2s/wo;$
$\eta = M \cdot \omega / (3 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1)$	$dMx=abs(dMxn)*sign(w);$ $Pv=(M-dMx)*w;$ $dP2=3*I2p*I2p*r2p;$ $dPd=3*I2p*I2p*rdp;$ $dP1=3*I1*I1*r1;$ $Pc=3*abs(u1)*I1a;$ $kpd=Pv/Pc/$

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

Работа с программой имеет следующие этапы

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

ВНИМАНИЕ!

Отладочную программу “*haradfr.m*” [13] следует использовать в качестве образца при наладке своей программы и в этой программе НИЧЕГО НЕ ИЗМЕНЯТЬ!!!!!!!

Перед началом расчетов сохранить “*haradfr.m*” под другим именем

(например, “*haradfr1.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 рис. П.П. Уясните алгоритм расчета (рис. П.6).

3. Введите тип асинхронного двигателя, его каталожные и обмоточные данные.

4. Начинать расчет следует с расчета естественных характеристик.

Выбрать источник напряжения $u_{1n}=220$ В и $f_{1n}=50$ Гц.

Обнулить добавочные сопротивления $R_d=0$; $X_d=0$; $R_{1d}=0$; $X_{1d}=0$.

5. Ввести начальные условия:

– начальную $w_{na} = -0,1 \cdot w_{on}$ и конечную $w_{ko} = 1,1 \cdot w_{on}$ синхронные скорости;

– шаг по скорости $dw=0.005 \cdot w_{on}$;

– учет кривой намагничивания $k_{rn}=1$.

Нажать клавишу «*Save and Run*», далее «ОК». Программа начинает работать. О работе программы сигнализирует бегущая строка изменения скольжения $s = \dots$.

6. При запуске в работу программа рассчитывает значения параметров и коэффициентов, неизменных при расчете конкретной заданной характеристики: ω_{on} , ω_n , s_n , M_n , M_{ko} , M_{po} , I_{po} , sk , M_{emn} , dM_{xn} (пояснения см. в комментариях программы “*haradfr.m*”).

7. Результаты расчета выводятся в виде графика *figure1*. По *figure1* убедитесь в совпадении расчетов с каталожными данными: M_k , при номинальной скорости ω_n : $M=M_n$, $I_1=I_{1n}$, $I_2=I_{2n}$.

8. Не закрывайте *figure1*. На нее будут выводиться результаты следующих расчетов. Выберите нужные зависимости для вывода на печать и сравнения с другими расчетами.

9. Выбрать один из источников питания и задать параметры выбранного источника:

– напряжения с регулируемой амплитудой u_{1s} и частотой f_1 . Выбор отношения u_{1s} / f_1 следует принять по требованиям выбранного преобразователя частоты;

– тока с регулируемой амплитудой i_{1s} и частотой f_1 ;

– постоянного тока I_{post} и $f_1 = 0$ – в режиме динамического торможения.

10. При расчете характеристик, проходящих через заданные точки, рассчитать и ввести координаты заданных точек M_1 , ω_1 и M_2 , ω_2 в абсолютных единицах с учетом момента холостого хода двигателя dM_{xn} .

11. На вид характеристик существенно влияет индуктивное сопротивление контура намагничивания x_{μ} , величина которого зависит от тока намагничивания и определяется по кривой намагничивания $E = f(I_{\mu})$. В программе использована универсальная кривая намагничивания двигателей типа *MTF* (*MTH*). Для учета кривой намагничивания вводится $k_{rn} = 1$.

Определиться с необходимостью учета кривой намагничивания (убедиться, отличаются ли характеристики, рассчитанные с учетом кривой намагничивания $k_{rn}=1$ и без ее учета $k_{rn}=0$).

12. При необходимости ввести добавочное сопротивление, Ом (в цепи ротора R_d, X_d , и статора X_{1d}, R_{1d} – строка 112).

13. Знак синхронной скорости установлен $+\omega_{0n}$. Изменение знака синхронной скорости устанавливается строкой 115 снятием %.

14. Продолжайте расчет по п. 5

15. Расчет выполняется комплексным методом для заданного значения скорости. В программе проводится вычисление скольжения s , выполняется расчет сопротивлений и токов T-образной схемы замещения асинхронного двигателя. Производится расчёт среднеквадратичных токов статора, ротора и момента двигателя. Рассчитываются значения активной и реактивной мощности двигателя, КПД, коэффициента мощности, потерь в роторе, потерь в статоре и потерь в добавочном сопротивлении.

16. Изменение параметров схемы $E, I_m, r_2'/s$ учитывается на следующем шаге расчета.

17. По окончании расчёта одного цикла результаты выводятся на экран дисплея в виде графиков: $\omega = f(M, I_1, I_2', I_m, \cos\varphi_1, \eta)$, при этом на графике (*figure 1*) предварительно (строки 215 – 220) следует оставить только нужные для анализа зависимости, а остальные введением знака % не выносить (*%plot...*).

18. Программа позволяет вывести на экран дисплея результаты нескольких расчетов (при разных напряжениях, токах статора – при питании от источника тока, частоте питающей сети и т.п.) и совместить на одном графике механические характеристики при различных параметрах сети, электромеханические характеристики, энергетические характеристики и т.п. и сравнивать их. Для совмещения на одном рисунке результатов нескольких расчетов в конце расчета очередного цикла не закрывайте *figure 1*. На рис. П.7 приведены механические и электромеханические характеристики двигателя при частоте $f_1=50$ Гц (естественные) и обеспечивающие работу в заданных точках $f_1=25$ Гц и $f_1=-7$ Гц.

19. Для расчета параметров двигателя в заданной точке необходимо установить $\omega_{ko} = \omega_{зад}$ с точностью $d\omega/2$. По окончании расчета характеристики параметры двигателя в заданной точке можно определить с помощью маркера установкой его в требуемый параметр внутри программы.

20. Сохраните *figure1* для печати и дальнейшей обработки результатов расчетов.

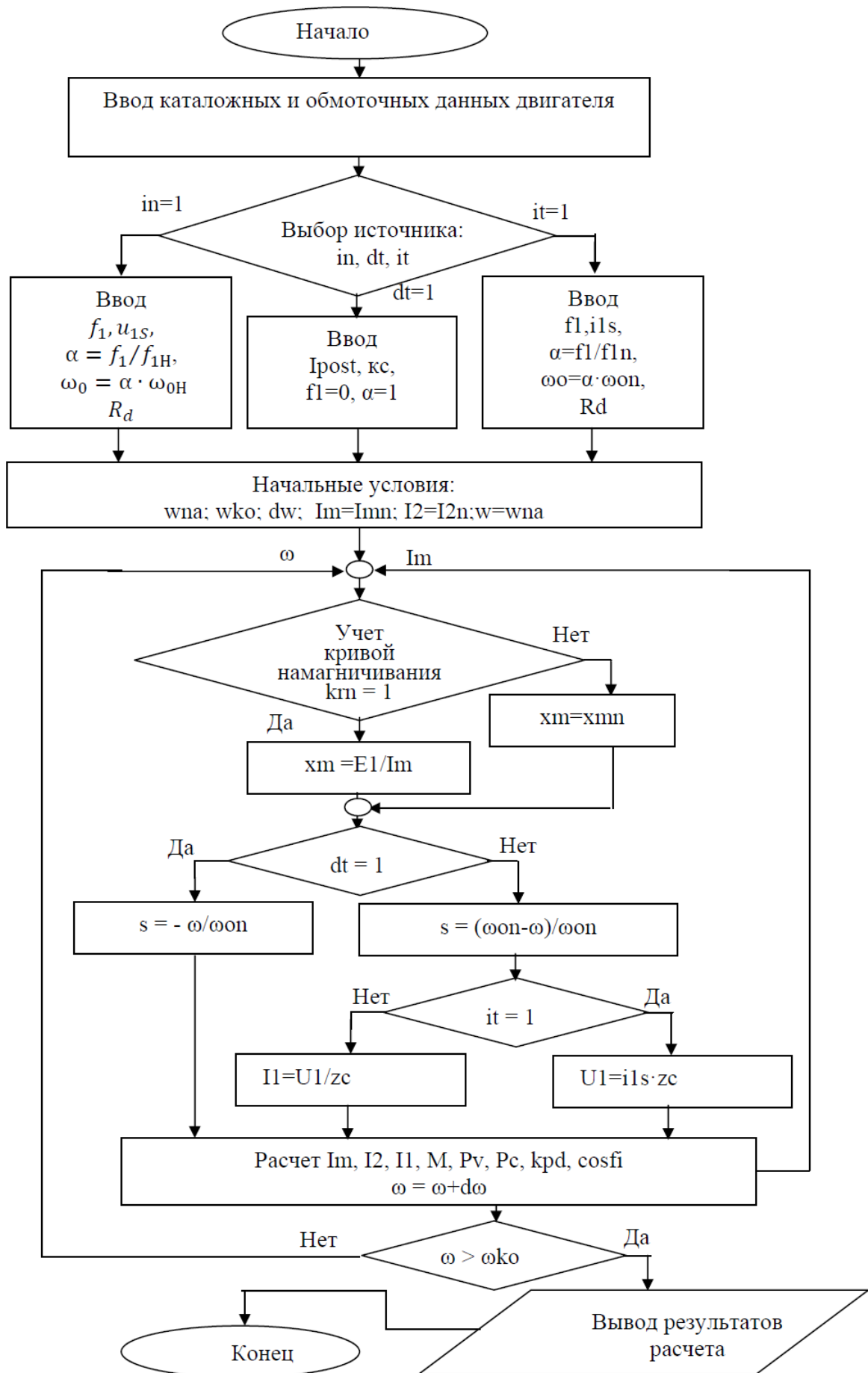


Рисунок П.6. Алгоритм "harad.m"

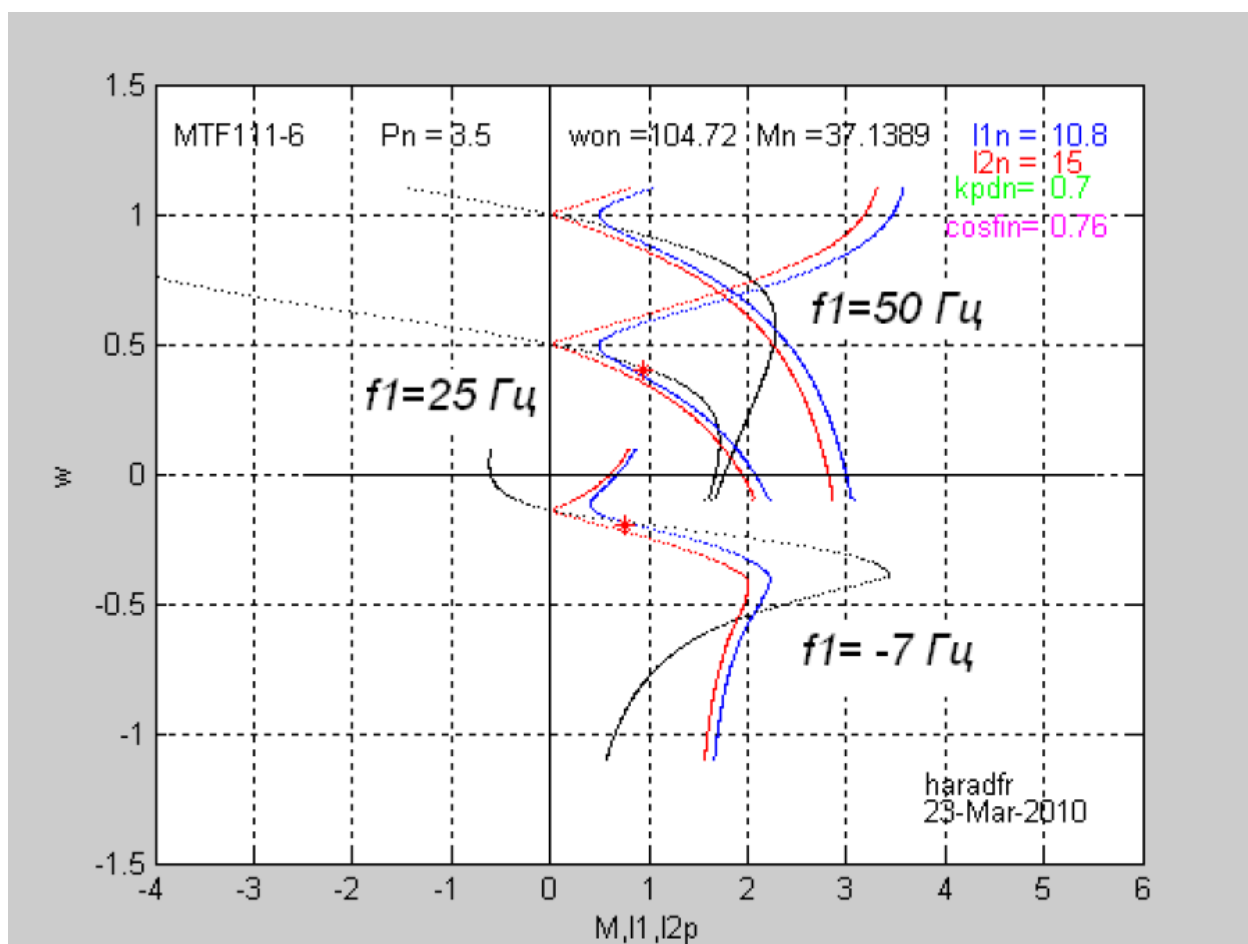


Рисунок П.7. Характеристики двигателя в программе “haradfr.m”