

План

Введение.....	
1. Выбор элементов силовой части электропривода.....	
1.1.Выбор двигателя.....	
1.2.Выбор преобразователя частоты.....	
1.3.Выбор токоограничивающего реактора.....	
1.4.Расчет общего сопротивления цепи.....	
1.5.Расчет электромеханической и электромагнитной постоянных времени.....	
2. Расчет статических и динамических характеристик разомкнутой системы.....	
3. Расчет замкнутой системы по схеме с общим сумматором.....	
3.1.Расчет жесткой обратной связи по скорости.....	
3.2.Ограничение форсировок замкнутой системы.....	
3.3.Статический расчет токовой отсечки.....	
4. Определение устойчивости системы.....	
5. Расчет системы подчиненного регулирования.....	
5.1.Расчет обратной связи по току и регулятора тока.....	
5.2.Расчет обратной связи по скорости и регулятора скорости.....	
6. Разработка узлов электрической защиты электропривода.....	
6.1.Защита от короткого замыкания.....	
6.2. Защита от самозапуска или нулевая защита.....	
7. Составление принципиальной схемы привода.....	
8. Оценка точности работы двухконтурных систем с регуляторами скорости и ЭДС.....	
Выводы.....	
Список использованной литературы.....	

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Введение

Современные машины и механизмы в различных областях техники должны отличаться большой производительностью при необходимой точности обработки, высоким уровнем автоматизации, облегчающим обслуживание, а также иметь сравнительно невысокую первоначальную стоимость и небольшие эксплуатационные расходы, быть надежными и долговечными.

Выполнению этих требований способствует автоматизированный электропривод, с помощью которого можно осуществить плавное и широкое регулирование скорости исполнительного механизма, т. е. обеспечить оптимальные технологические режимы. В то же время использование широкорегулируемого электропривода позволяет приблизить электродвигатель к рабочему органу механизма, следовательно, упростить кинематические связи, т. е. осуществить механизмы в целом более точными. При использовании электропривода и соответствующей системы управления легко автоматизируется технологический процесс, а бесперебойная работа электропривода повышает надежность эксплуатируемых машин и механизмов. Поэтому исследование и создание эффективных управляемых электроприводов является важной задачей теории и практики современного автоматизированного электропривода.

Исследователи и инженеры, работающие в области автоматизированного электропривода, в последние годы все больший интерес проявляют к вопросам частотного управления асинхронными двигателями. Этот интерес усиливается тем, что уже в настоящее время не возникает сомнений в возможности и целесообразности создания и серийного изготовления статических преобразователей частоты на тиристорах, отличающихся высокими энергетическими показателями, повышенной надежностью, большим быстродействием, бесшумностью и

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

обеспечивающих на своем выходе требуемое соотношение между частотой и амплитудой напряжения как в статических, так и в динамических режимах.

Соблюдение необходимого и автоматически устанавливаемого соотношения между частотой и амплитудой подводимого напряжения к статору асинхронного двигателя обеспечивается в замкнутых системах частотного управления. Только в таких, автоматически действующих, системах возможно оптимальное управление асинхронными двигателями, причем электрический привод переменного тока, будучи бесконтактным, может обладать лучшими характеристиками по сравнению с автоматически управляемым приводом постоянного тока.

Асинхронный двигатель в этом случае в переходном режиме может развивать существенно большие моменты, чем двигатель постоянного тока, что обеспечивает электроприводу высокое быстродействие с относительно малыми потерями энергии, а в установившемся режиме — плавное, широкое и экономичное регулирование скорости.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.Выбор элементов силовой части электропривода.

1.1 Выбор двигателя.

Наиболее подходящим для использования в буровой установке является взрывобезопасный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа АМУ 160 М6Т2.

Паспортные данные электродвигателя приведены в *табл. 1.1.*

Табл. 1.1.

Наименование параметра	Величина и размерность
Номинальная мощность, P_n	7,5 кВт
Синхронная частота вращения ротора, ω_0	1000 об/мин
Номинальная частота вращения ротора, ω_n	970 об/мин
Номинальное питающее напряжение, U_n	380 В
Номинальная частота питающего напряжения, f_n	50 Гц
Номинальный ток статора, I_{1n}	10,3 А
Активное сопротивление статорной обмотки, $R_{ст}$	0,607 Ом
Индуктивность статорной обмотки, $L_{ст}$	7 мГн
Момент инерции двигателя, J	0,15 кг·м ²
Номинальный КПД, η	0,86
Номинальный коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,91
Ток намагничивания статора, I_μ	7,3 А
I_μ/I_n	5,5
M_μ/M_n	1,4
$M_{кр}/M_n$	2,2

1.2. Выбор преобразователя частоты.

Выбор преобразователя частоты производим исходя из условий:

$$I_{вых.пч} \geq I_{1n}; \quad (1.1)$$

$$U_{вых.пч} \geq U_{1n}; \quad (1.2)$$

Условиям (2.2) и (2.3) удовлетворяет преобразователь частоты VSI -7,5 CX4A2N0. Это устройство предназначено для плавного пуска и экономичного регулирования производительности путем изменения частоты вращения приводного электродвигателя. При этом исключаются 6-7 кратные пусковые токи, уменьшается воздействие на сеть, сохраняется высокое значение КПД буровой установки и двигателя во всем диапазоне работы.

Экономичное регулирование производительности обеспечивается изменением частоты вращения приводного электродвигателя с помощью устройства VSI -7,5 CX4A2N0 (далее ПЧ).

ПЧ позволяет регулировать в широких пределах значения частоты, тока и напряжения на статоре асинхронного двигателя.

ПЧ серии VSI преобразует параметры электрической энергии питающей сети 380 В, 50 Гц в систему трёхфазных токов регулируемых напряжения и частоты для питания цепей статора АД.

ПЧ серии VSI представляет собой двухблочный преобразователь частоты: первый блок – диодный мост преобразует переменное напряжение в однонаправленное, пульсирующее. Далее напряжение фильтруется в промежуточной цепи на емкостном фильтре и поступает на блок преобразователя в переменное напряжение на IGBT-транзисторах. IGBT-преобразователь подает трехфазное симметричное переменное напряжение регулируемой амплитуды и частоты на электродвигатель. Мощность, которую преобразователь потребляет из сети, является почти полностью активной.

Блок сопряжения и управления электродвигателем основан на программируемом микропроцессоре. Микропроцессор управляет электродвигателем на основе полученных данных измерений, установленных параметров и сигналов управления, приходящих с управляющей панели и I/O платы. В свою очередь блок сопряжения и управления управляет цепью СИФУ, которая выдает требуемые управляющие импульсы на

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

IGBT-транзисторы. Усилитель усиливает управляющие импульсы, поступающие с СИФУ на IGBT-транзисторы.

Основные параметры устройства VSI -7,5 CX4A2N0 приведены в табл. 1.2.

Табл. 1.2.

Наименование параметра	Величина
Номинальная выходная мощность ПЧ, кВт	7,5
Номинальный ток нагрузки, А	18
Номинальное напряжение на входе, В	380(+10%-15%)
Диапазон регулирования напряжения, В	0 – $U_{\text{сети}}$
Частота питающей сети, Гц	50±5%
Диапазон регулирования частоты, Гц	0,5 – 60
Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,94
Кратность тока перегрузки	1,5 $I_{\text{ном}}$

Блок сопряжения и управления электродвигателем предназначен для реализации функций управления, регулирования, защиты, автоматизации и обеспечения надёжной работы электропривода, с обеспечением следующих возможностей:

- формирование импульсов управления ПЧ по заданным алгоритмам работы управляемого выпрямителя и инвертора тока;
- автоматическое формирование процессов пуска и отключения ПЧ, а также формирование команд управления выключателями как на входе ПЧ, так и на выходе и шунтирующим ПЧ выключателем в тех случаях, когда предусмотрен режим переключения АД на непосредственное питание от сети;

- регулирование выходной частоты ПЧ по сигналам технологического регулятора, а также в режиме ручного управления;
- отображение информации о режимах работы, неисправностях и причинах аварийного отключения ПЧ;

автоматическое формирование обобщённых сигналов о состоянии ПЧ и их передачу на диспетчерский пульт.

1.3. Выбор токоограничивающего реактора.

Выбираем токоограничивающий реактор из условия:

$$I_{ТОРНОМ} \geq I_{1Н}; \quad (1.3)$$

Выбираем реактор: РТСТ – 41.

Параметры:

- номинальный ток – 41 А;
- индуктивность – $0,763 \cdot 10^{-3}$ Гн;
- активное сопротивление – 0,0708 Ом.

1.4. Расчет общего сопротивления цепи.

$$R_0 = 2 \cdot R_{Ф.АД} + R_{\gamma И} + R_{\gamma В} + 2 \cdot R_{ТОР}; \quad (1.4)$$

где $R_{ТОР}$ – активное сопротивление токоограничивающего реактора;

$R_{\gamma И}$ – коммутационное сопротивление инвертора;

$R_{\gamma В}$ – коммутационное сопротивление выпрямителя;

$R_{ДР}$ – активное сопротивление дросселя;

$R_{Ф.АД}$ – активное сопротивление фазы синхронного двигателя.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Активное сопротивление токоограничивающего реактора РТСТ-41:

$$R_{TOP}=0,0708 \text{ Ом};$$

Активное сопротивление фазы асинхронного двигателя:

$$R_{\Phi.АД}=0,607 \text{ Ом};$$

Коммутационное сопротивление выпрямителя определим по формуле:

$$R_{\gamma_B} = \frac{m \cdot X_{TOP}}{2 \cdot \pi}; \quad (1.5)$$

где m – пульсность схемы ($m = 6$);

X_{TOP} – индуктивное сопротивление токоограничивающего реактора:

$$X_{TOP} = 2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot L_{TOP}; \quad (1.6)$$

где f_C – частота питающей сети;

L_{TOP} – индуктивность токоограничивающего реактора.

Тогда:

$$X_{TOP} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,763 \cdot 10^{-3} = 0,24 \text{ Ом};$$

$$R_{\gamma_B} = \frac{6 \cdot 0,24}{2 \cdot \pi} = 0,229 \text{ Ом}.$$

Коммутационное сопротивление инвертора:

$$R_{\gamma_H} = \frac{m \cdot X_C}{2 \cdot \pi}; \quad (1.7)$$

где X_C – сверхпереходное сопротивление асинхронного двигателя:

$$X_C = \frac{U_{1\Phi}}{\lambda_i \cdot I_{1H}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 5,5 \cdot 10,3} = 1,71 \text{ Ом};$$

$$R_{\gamma_H} = \frac{6 \cdot 2,574}{2 \cdot \pi} = 2,458 \text{ Ом};$$

$$R_0 = 2 \cdot 0,607 + 0,229 + 2,458 + 2 \cdot 0,0708 = 4,043 \text{ Ом}.$$

$$L_0 = 2 \cdot L_{\Phi.АД} + 2 \cdot L_{TOP}; \quad (1.8)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где $L_{\Phi.АД}$ – индуктивное сопротивление фазы синхронного двигателя;
 $L_{ТОР}$ – индуктивное сопротивление токоограничивающего реактора.

$$L_{\Phi.АД} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ Гн};$$

$$L_0 = 2 \cdot 0,007 + 2 \cdot 0,000763 = 15,526 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}.$$

1.5. Расчет электромеханической и электромагнитной постоянных времени.

Электромагнитная постоянная времени:

$$T_{\varepsilon} = \frac{L_0}{R_0} = \frac{0,015526}{4,043} = 0,0038 \text{ с}; \quad (1.9)$$

Коэффициент момента двигателя:

$$k_M = \frac{M_H}{I_H \frac{\pi}{\sqrt{6}}} = \frac{62}{10,3 \cdot 1,28} = 4,7 \text{ Н·м/А}; \quad (1.10)$$

Коэффициент ЭДС:

$$k_E = \frac{U_n \frac{3\sqrt{2}}{\pi}}{\omega_0} = \frac{380 \cdot 1,35}{105} = 4,89 \text{ В·с/рад}; \quad (1.11)$$

Коэффициент передачи двигателя по управлению:

$$k_D = \frac{1}{k_E} = \frac{1}{4,89} = 0,204 \text{ рад/В·с}; \quad (1.12)$$

Механическая постоянная времени:

$$T_M = \frac{J_0 R_0}{k_E k_M} = \frac{0,2 \cdot 4,043}{4,89 \cdot 4,7} = 0,035 \text{ с}; \quad (1.13)$$

Коэффициент усиления тиристорного преобразователя:

$$U_d = U_{d\max} \cdot \cos \alpha; \quad (1.14)$$

$$U_{d\max} = U_{2.Amp} \cdot 1,35; \quad (1.15)$$

$$K_{mn} = \frac{\Delta U_d}{\Delta U_y} = \frac{380,295 - 220,235}{3,978 - 2,2} = 90 \quad (1.16)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

2. Расчет статических и динамических характеристик разомкнутой системы.

Определим погрешность регулирования, исходя из основного уравнения динамики:

$$\omega = \frac{U_n}{K_e} - \frac{M_n R_0}{K_e K_m} = \omega_0 - \Delta\omega; \quad (2.1)$$

Рассмотрим два случая:

1) $M=0$:

$$\omega_0 = \frac{U_d}{k_E} = \frac{380}{4,89} = 105 \text{ рад/с}; \quad (2.2)$$

2) $M=M_H$:

$$\Delta\omega = \frac{M_H R_0}{k_E k_M} = \frac{62 \cdot 4,043}{4,89 \cdot 4,7} = 11 \text{ рад/с}; \quad (2.3)$$

Статизм характеристик:

верхней:

$$\Delta = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \cdot 100\% = \frac{11}{105} \cdot 100\% = 10,5\%; \quad (2.4)$$

нижней:

$$\Delta^* = \frac{\Delta\omega \cdot D}{\omega_0} \cdot 100\% = \frac{11 \cdot 7}{105} \cdot 100\% = 73,5\%; \quad (2.5)$$

где $D=7$ – диапазон регулирования.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Составим структурная схема для моделирования разомкнутой системы:

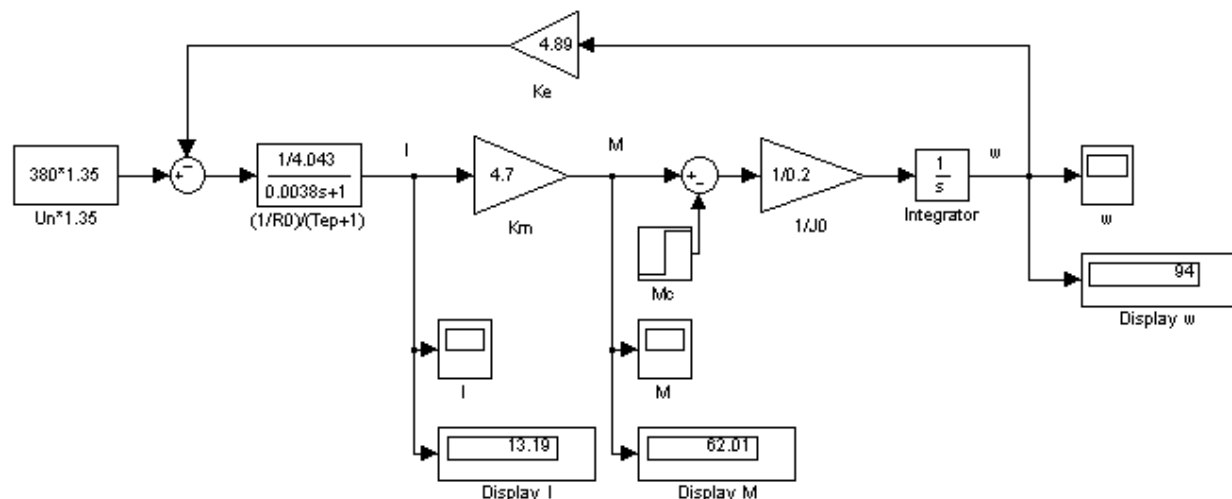


Рис.2.1. Структурная схема разомкнутой системы

В результате моделирования были получены такие графики:

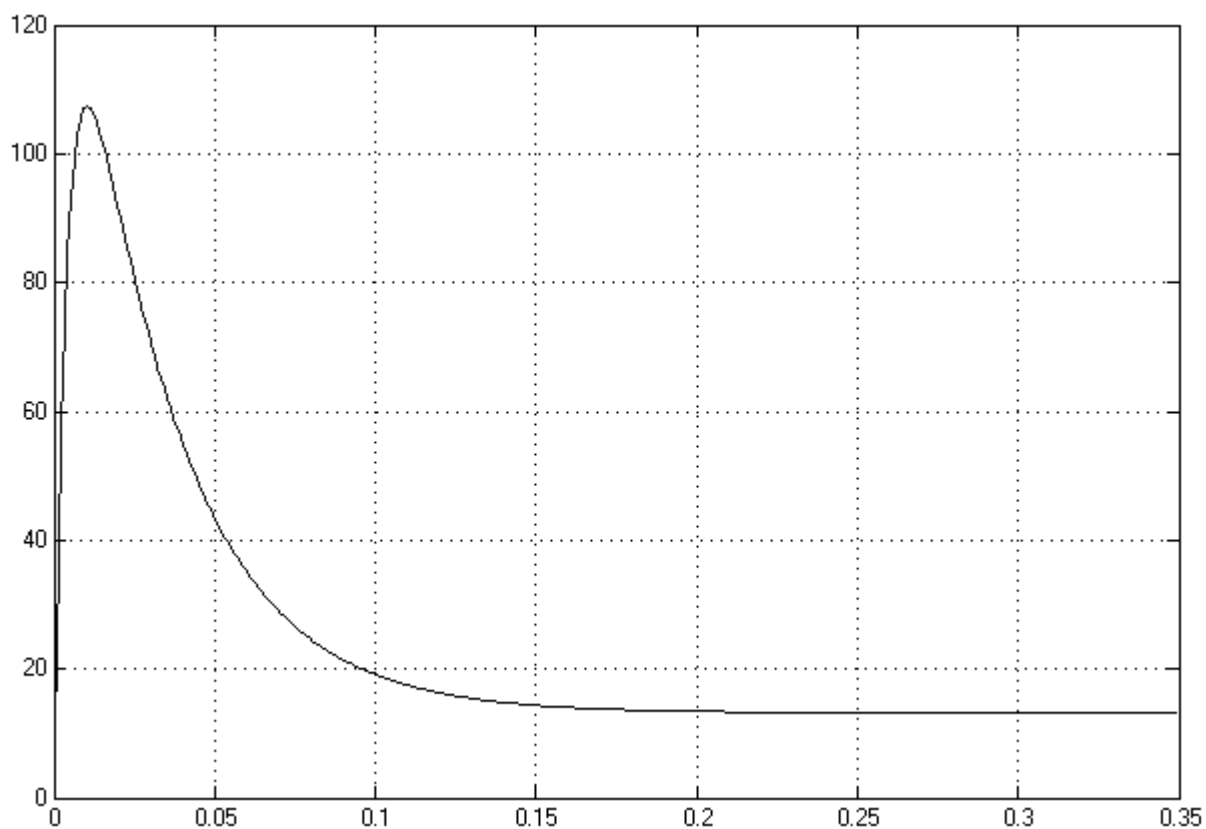


Рис.2.2. Переходной процесс по току в разомкнутой системе

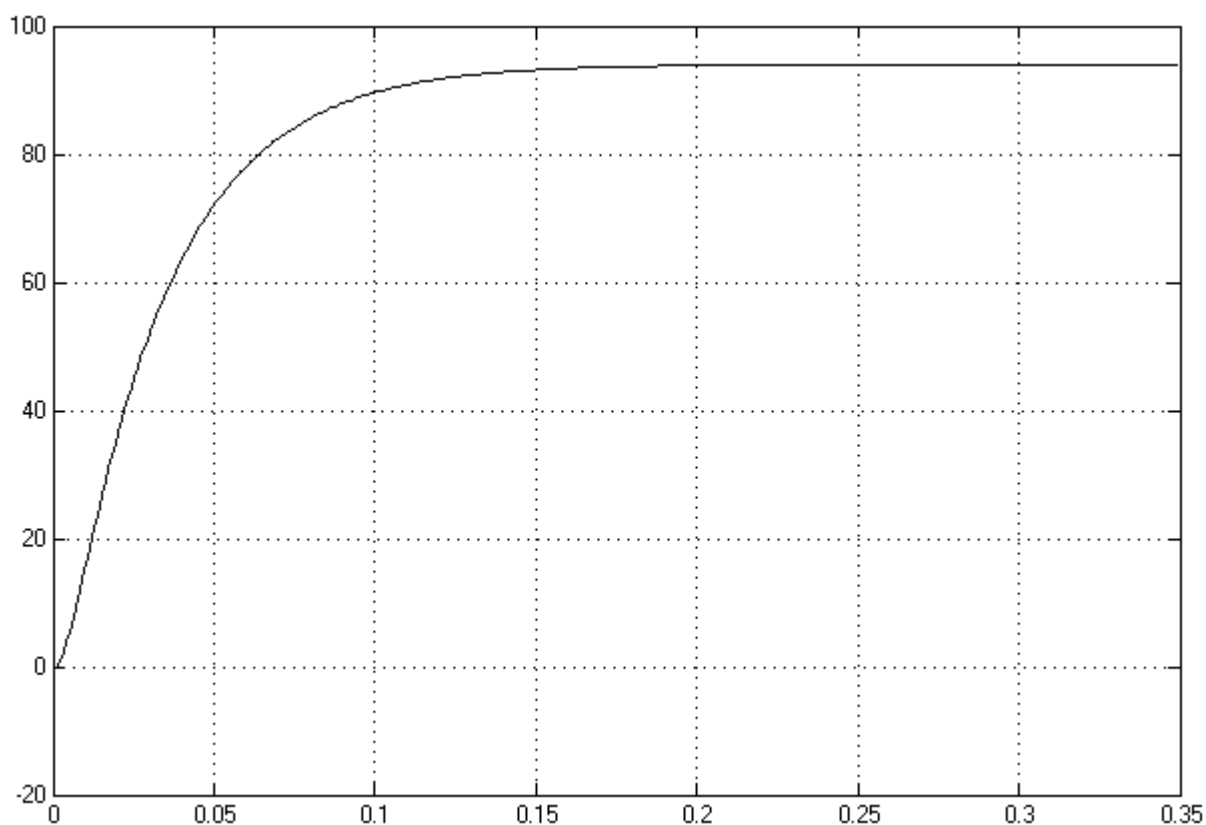


Рис.2.3. Переходной процесс по скорости в разомкнутой системе

Статические характеристики в разомкнутой системе имеют вид:

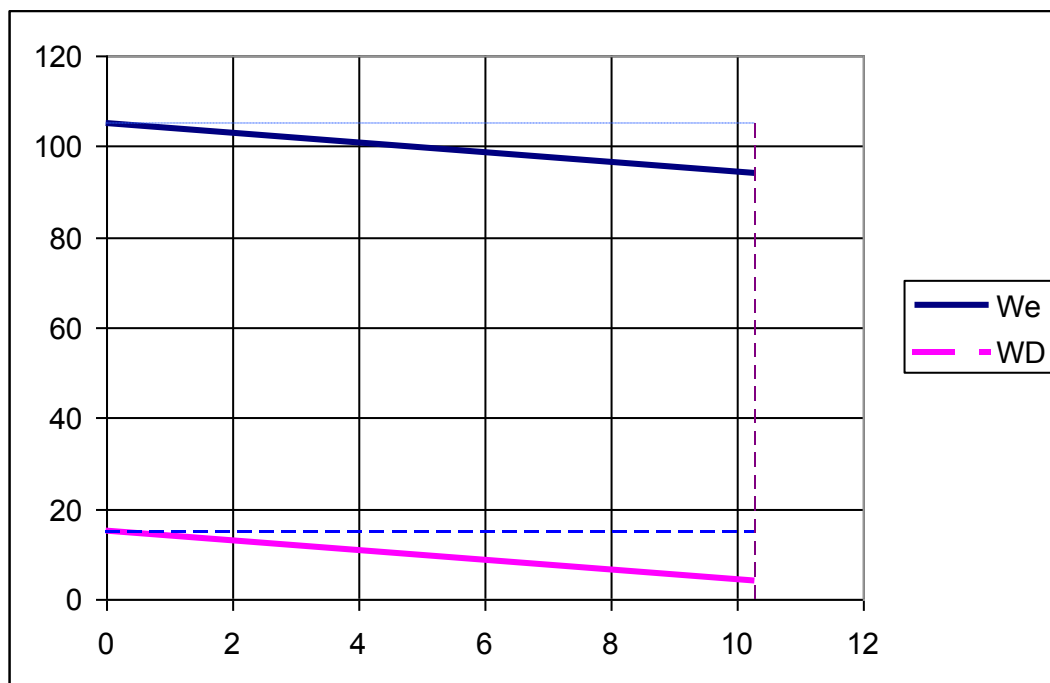


Рис.2.4. Статические характеристики разомкнутой системы

[illegible]

$$\omega_{нг} \geq \omega_{н\delta} \cdot \quad (3.1)$$

Коэффициент усиления тахогенератора:

$$K_{мг} = \frac{U_{ТГ}}{\omega_{ТГ}} = \frac{230}{105} = 2,19 \text{ Вс/рад}; \quad (3.2)$$

Требуемый коэффициент усиления замкнутой системы:

$$K_{мр} = \frac{\Delta_p \cdot D}{\Delta_3^*} - 1 = \frac{10,5 \cdot 7}{3} - 1 = 23,5 \text{ А}. \quad (3.4)$$

Коэффициент делителя напряжения:

$$K_{\delta н} = \frac{K_{мр}}{K_{мн} \cdot K_{\delta} \cdot K_{мг}} = \frac{23,5}{90 \cdot 0,204 \cdot 2,19} = 0,585; \quad (3.5)$$

Так как коэффициент делителя напряжения меньше единицы, то на входе тиристорного преобразователя электронный усилитель не требуется.

Сопротивление делителя напряжения:

$$R_{\delta н} \geq \frac{U_{ТГ}}{I_{ТГ}} = \frac{230}{0,2} = 1150 \text{ Ом}; \quad (3.6)$$

В качестве ДН принимаем проволочный резистор с сопротивлением $R=1,2$ кОм. Тогда:

$$r_{\delta н} = R_{\delta н} K_{\delta н} = 1200 \cdot 0,585 = 702 \text{ Ом}. \quad (3.7)$$

3.2 Ограничение форсировок замкнутой системы.

Коэффициент усиления системы по управляющему воздействию:

$$K_3^{уб} = \frac{K_{мн} K_{\delta}}{1 + K_{мн} K_{\delta} K_{мг} K_{\delta н}} = \frac{90 \cdot 0,204}{1 + 90 \cdot 0,204 \cdot 2,19 \cdot 0,585} = 0,749; \quad (3.8)$$

Напряжение задания замкнутой системы:

$$U_{3зс} = \frac{\omega_0}{K_3^{уб}} = \frac{105}{0,749} = 140,19 \text{ В}; \quad (3.9)$$

Напряжение задания разомкнутой системы:

$$U_{3рс} = \frac{\omega_0}{K_{мн} K_{\delta}} = \frac{105}{90 \cdot 0,204} = 5,72 \text{ В}; \quad (3.10)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Коэффициент форсировки по напряжению:

$$K_{форс} = \frac{U_{зз}}{U_{зрс}} = \frac{140,19}{5,72} = 24,5. \quad (3.11)$$

Таким образом, входной узел должен выдерживать 25-кратную форсировку, вместо допустимой двукратной, и должен быть защищен. Ограничение форсировки осуществим путем шунтирования суммирующего узла налинейным элементом типа «ограничение», который реализуется в виде двух встречно включенных стабилитронов, напряжение пробоя которых выбирается на уровне:

$$U_{упрмах} \leq K_{форс.доп} \cdot U_{зз} = 2 \cdot 5,72 = 11,44 \text{ В.}$$

Исходя из этого, выбираем 2 стабилитрона серии КС147А с уровнем нечувствительности 10 В.

3.3 Статический расчет токовой отсечки.

Выполним статический расчет системы содержащей обратную связь по скорости и по току с отсечкой. В качестве датчика тока используется датчик активного типа, содержащий измерительный шунт и промежуточный усилитель.

Общий вид датчика тока показан на рис.3.2.

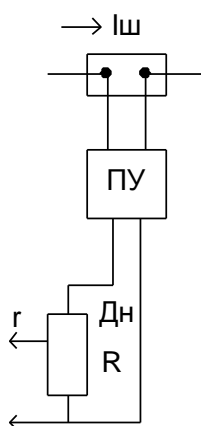


Рис.3.2. Общий вид датчика тока

Найдем коэффициент усиления датчика тока:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{осм} = \frac{U_{осм}}{\Delta U_{ом}} = \frac{9,075}{4} = 2,269; \quad (3.20)$$

Поскольку $K_{осм} > 1$, значит необходимо в цепь обратной связи по току, после потенциометрического делителя включить электронный усилитель с $K_{эу} = 10$:

$$K_{осм} = \frac{U_{осм}}{\Delta U_{ом} \cdot K_{эу}} = \frac{9,075}{4 \cdot 10} = 0,227; \quad (3.21)$$

Сопротивление делителя напряжения выберем равным $R_{дн} = 10$ кОм, тогда:

$$r_{дн} = R_{дн} \cdot K_{осм} = 2,27 \text{ кОм}; \quad (3.22)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Определение устойчивости системы

Составим упрощенную структурную схему замкнутой системы:

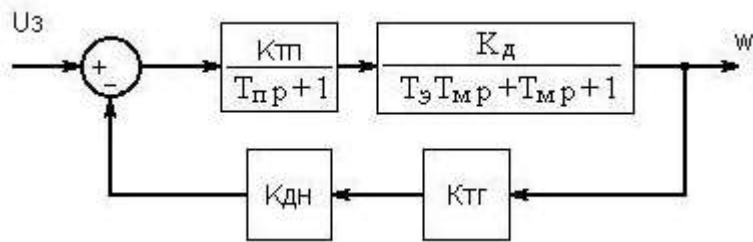


Рис.4.1. Упрощенная структурная схема замкнутой системы

Передаточная функция по управляющему воздействию:

$$\begin{aligned}
 W_3^{yg} &= \frac{K_{mn} K_d}{(T_n p + 1)(T_g T_m p^2 + T_m p + 1)} = \\
 &= \frac{K_{mn} K_d}{1 + K_{mz} K_{dn} (T_n p + 1)(T_g T_m p^2 + T_m p + 1)} = \\
 &= \frac{K_{mn} K_d}{T_g T_m T_n p^3 + p^2 (T_m T_n + T_g T_m) + p (T_n + T_m) + (1 + K_{mz} K_{dn} K_{mn} K_d)} = \\
 &= \frac{183,6}{0,0000133 p^3 + 0,000483 p^2 + 0,045 p + 24,522}
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,000483 & 24,522 \\ 0,00000133 & 0,045 \end{vmatrix} = -0,0000109 < 0$$

Так определитель $\Delta < 0$, то система неустойчива.

Разделим характеристическое уравнение системы на a_0 :

$$p^3 + 363,158 p^2 + 33834,586 p + 18437593,98$$

$$b_1 = 363,158;$$

$$b_2 = 33834,586;$$

$$b_3 = 18437593,98.$$

$$M = \frac{b_1}{\sqrt[3]{b_3}} = \frac{363,158}{\sqrt[3]{18437593,98}} = 1,37 \quad (4.2)$$

$$N = \frac{b_2}{\sqrt[3]{b_3^2}} = \frac{33834,586}{\sqrt[3]{18437593,98^2}} = 0,0052$$

Коэффициентом передаточной функции по управляющему воздействию при p^3 пренебрегаем и разделим её числитель со знаменателем на свободный член знаменателя:

$$W_3^{yg} = \frac{183,6}{0,000483 p^2 + 0,045 p + 24,522} = \frac{7,487}{0,00002 p^2 + 0,0018 p + 1}; \quad (4.3)$$

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

$$\alpha=0,00002; \beta=0,0018.$$

Частота ожидаемых колебаний:

$$\Omega = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{0,00002}} = 223,607 \text{ Гц}; \quad (4.4)$$

Коэффициент затухания:

$$\varepsilon = \frac{\beta}{2\sqrt{\alpha}} = \frac{0,0018}{2\sqrt{0,00002}} = 0,201; \quad (4.5)$$

Угол нагрузки:

$$\varphi = \arcsin \sqrt{1-\varepsilon^2} = \arcsin \sqrt{1-0,201^2} = 78,4^\circ. \quad (4.6)$$

Тогда аналитическое выражение графика переходного процесса в относительных единицах будет иметь вид:

$$\omega^*(t) = 1 - \frac{1}{\sin \varphi} e^{-\varepsilon \Omega t} \sin(\sqrt{1-\varepsilon^2} \Omega t + \varphi) = 1 - 1,021 \cdot e^{-46,32t} \cdot \sin(219,04t + 78,4^\circ).$$

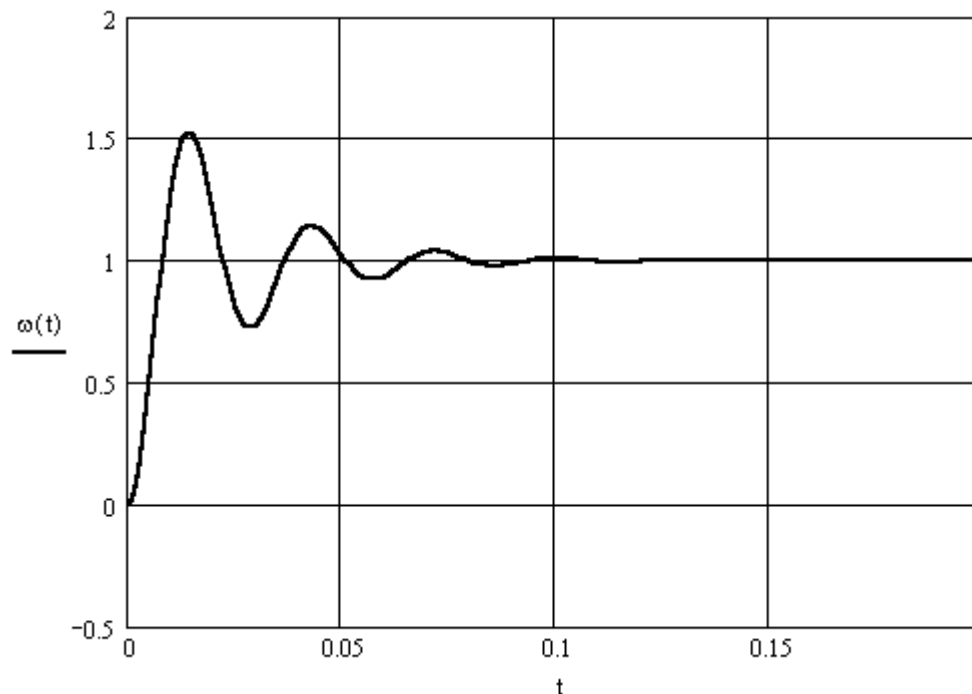


Рис.4.2. График переходного процесса по скорости в относительных единицах, полученный аналитически

Структурная схема замкнутой системы по схеме с общим сумматором представлена на рис.4.3.

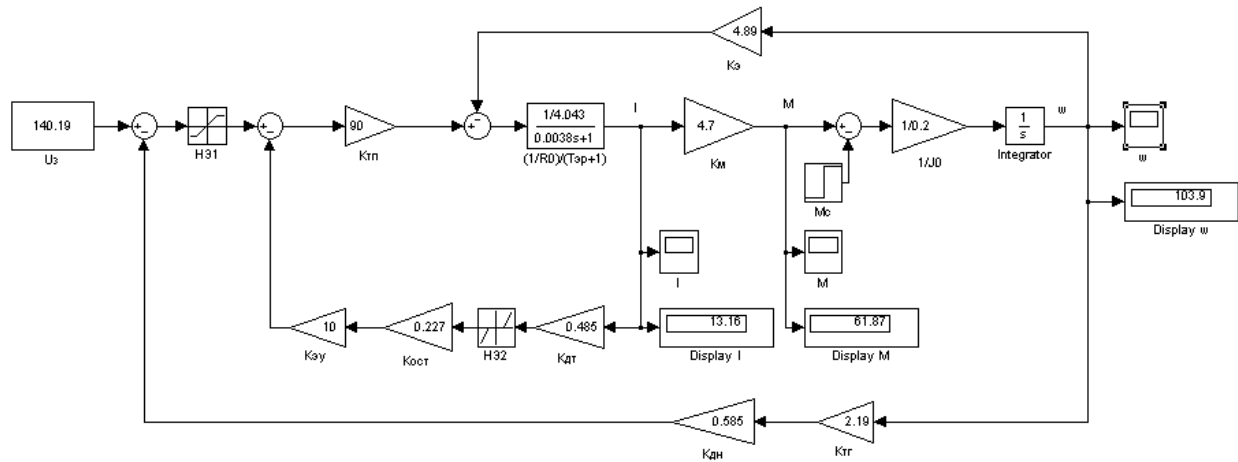


Рис.4.3. Структурная схема замкнутой системы с общим сумматором

Переходные процесс в замкнутой системе по схеме с общим сумматором имеют следующий вид:

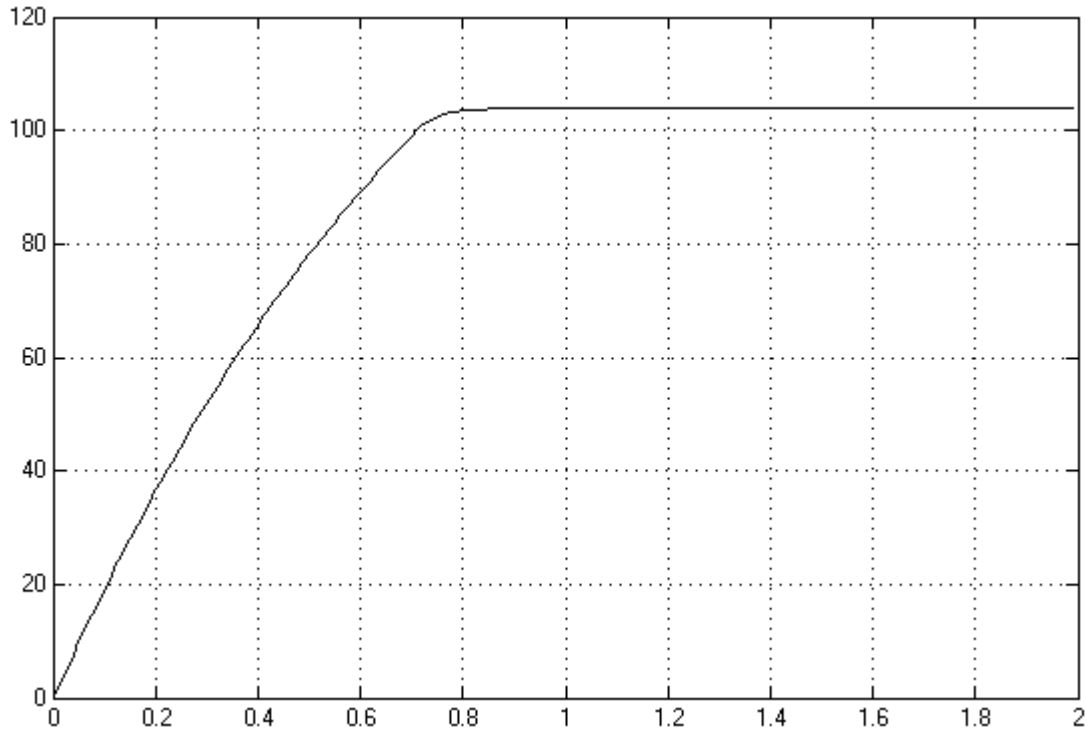


Рис.4.4. Переходной процесс по скорости в замкнутой системе по схеме с общим сумматором

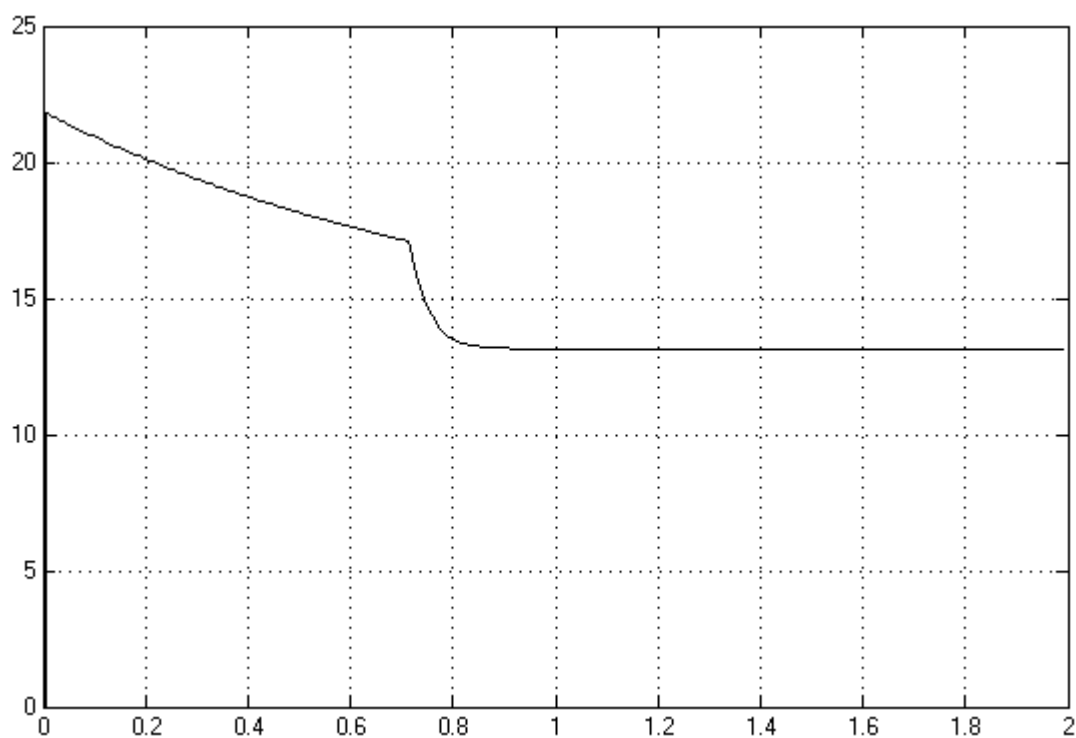


Рис.4.5. Переходной процесс по току в замкнутой системе по схеме с общим сумматором

Статические характеристики в замкнутой системе по схеме с общим сумматором имеют вид:

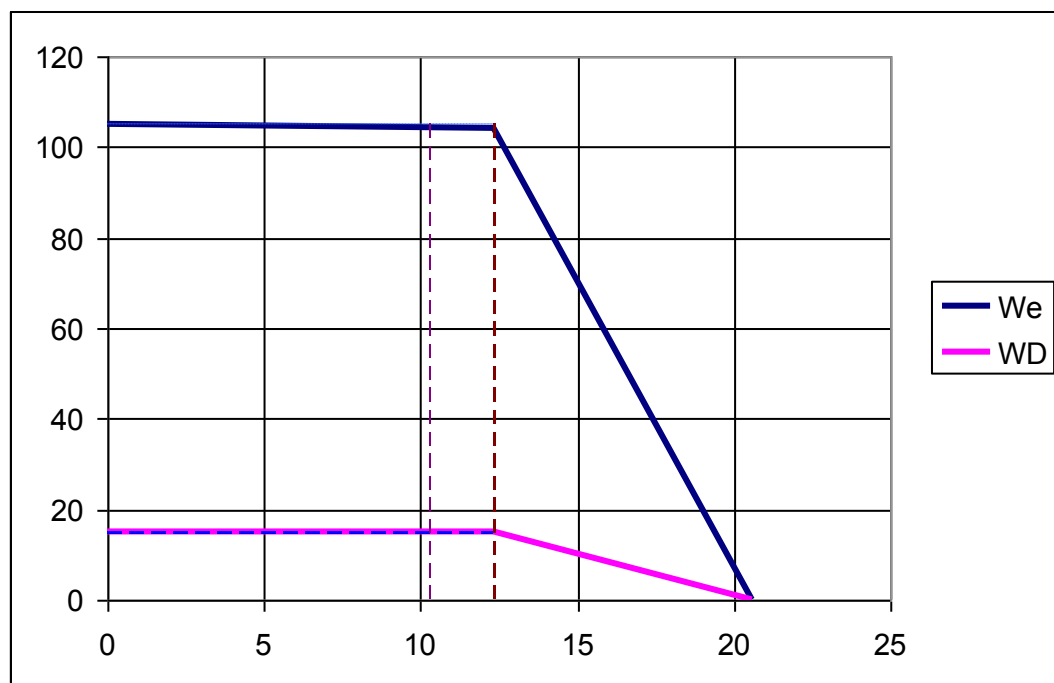


Рис4.6. Статические характеристики в замкнутой системе по схеме с общим сумматором

5. Расчёт системы подчинённого регулирования

5.1. Расчёт обратной связи по току и регулятора тока.

Оптимизация производится для обеспечения в замкнутой системе показателей приближенных к заданным. Необходимо до минимума снизить постоянную времени электропривода. Для этого задаемся масштабным множителем $T_\mu = 0,04$ с, который не влияет на форму переходного процесса и служит обобщенной мерой быстродействия системы. Регуляторы реализованы на УБСР-АИР с унифицированным выходом датчика 10 В.

Коэффициент обратной связи по току:

$$K_{\partial m} = \frac{U_a}{I_{dn}} = \frac{10}{10,3} = 0,97 \text{ В/А}; \quad (5.1)$$

Коэффициент обратной связи по скорости:

$$K_{\partial c} = \frac{U_a}{\omega_0} = \frac{10}{105} = 0,095 \text{ В} \cdot \text{с/рад}; \quad (5.2)$$

Так как $T_M > 4T_\partial$, то допустим условный разрыв внутренней обратной связи по противо-ЭДС, тогда передаточная функция будет иметь вид:

$$W_{\partial m}(p) = \frac{K_{mn} K_{\partial m}}{R_0 (T_\partial p + 1)}; \quad (5.3)$$

Поскольку модульный оптимум имеет большее быстродействие, синтез регулятора тока ведется по модульному оптимуму:

$$\begin{aligned} W_{pm}^{mo}(p) &= \frac{3n(o)}{\text{Числ}(o) \cdot 2T_\mu p} = \frac{R_0 (T_\partial p + 1)}{K_{mn} K_{\partial m} 2T_\mu p} = \\ &= \frac{4,043 \cdot 0,0038 \cdot p}{90 \cdot 0,97 \cdot 2 \cdot 0,004 \cdot p} + \frac{4,043}{90 \cdot 0,97 \cdot 2 \cdot 0,004 \cdot p} = \frac{5,78}{p} + 0,022 \end{aligned} \quad (5.4)$$

Регулятор тока имеет пропорционально-интегральную структуру, принципиальная схема реализации имеет вид (рис.5.1):

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

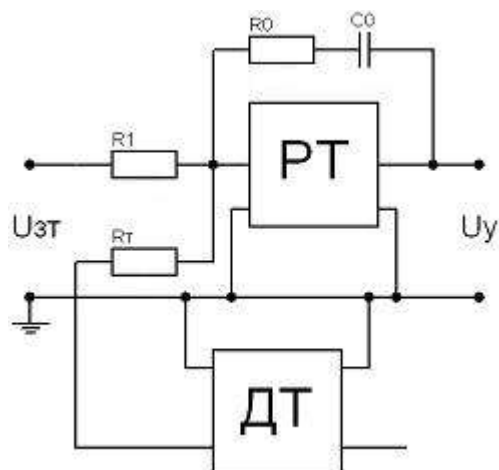


Рис.5.1. Принципиальная схема регулятора тока

Значения сопротивлений и емкостей рассчитаны по формулам:

$$\frac{R_0}{R_1} = \Pi; \quad (5.5)$$

$$\frac{1}{R_1 C_0} = \Pi; \quad (5.6)$$

$$R_T = R_1; \quad (5.7)$$

примем $C_0 = 1 \text{ мкФ}$, тогда:

$$R_1 = R_T = \frac{1}{5,78 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 170 \text{ кОм};$$

$$R_0 = 0,0022 \cdot 170 \cdot 10^3 = 0,374 \text{ кОм},$$

где R_T – согласующий резистор, если используются элементы с различными унифицированными выходами.

5.2 Расчёт обратной связи по скорости и регулятора скорости.

Статизм регулятора скорости, синтезируемого по модульному оптимуму:

$$\Delta_z^* = \Delta_p D \frac{2T_{\mu c}}{T_m} = 10,5 \cdot 7 \cdot \frac{2 \cdot 0,004}{0,035} = 16,8\%. \quad (5.8)$$

Поскольку статизм замкнутой системы по модульному оптимуму не

удовлетворяет поставленному заданию, синтезируем регулятор на симметричный оптимум.

$$W_{pc}^{co}(p) = \frac{T_m K_E K_{om} (4T_{\mu c} p + 1)}{8T_{\mu c}^2 R_0 K_{oc} p} = \frac{0,035 \cdot 4,89 \cdot 0,97 (4 \cdot 0,004 \cdot p + 1)}{8 \cdot 0,004^2 \cdot 4,043 \cdot 0,095 \cdot p} = 53,69 + \frac{3356,13}{p}; \quad (5.9)$$

Передаточная функция фильтра, устанавливаемого на вход системы:

$$W_{\phi}(p) = \frac{1}{4T_{\mu c} p + 1} = \frac{1}{0,016p + 1}. \quad (5.10)$$

Принципиальная схема регулятора скорости представлена на рис.5.2.

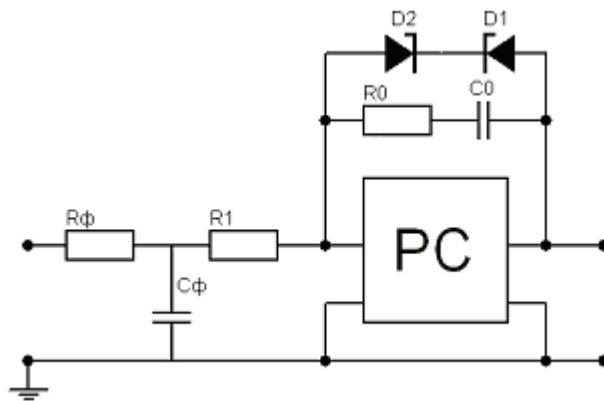


Рис.5.2. Принципиальная схема регулятора скорости

Коэффициенты усиления регулятора:

$$\frac{R_0}{R_1} = 53,69;$$

$$\frac{1}{R_1 C_0} = 3356,13;$$

Приняв $C_0 = 1 \mu\text{кФ}$ и $R_1 = R_{\phi}$ получим

$$R_1 = \frac{1}{3356,13 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 297,96 \text{ Ом};$$

$$R_0 = 297,96 \cdot 53,69 = 16 \text{ кОм};$$

$$C_{\phi} = 45 \text{ пФ}.$$

5.3 Расчет задатчика интенсивности

Одно из средств токоограничения пользуются подачей в схему задающего напряжения не скачком, а в виде нарастающего трапециидального сигнала, причем темп роста этого сигнала может быть определен, например, по условию неперевышения динамического тока максимально допустимого. Устройство реализующее такой закон управления носит название задатчик интенсивности (ЗИ).

$$\Delta t = \frac{J_0 \omega_0}{2I_n K_M} = \frac{0,2 \cdot 105}{2 \cdot 10,3 \cdot 4,7} = 0,22 \text{ сек.} \quad (5.11)$$

5.4 Составление структурной схемы

Структурная схема системы подчиненного регулирования будет иметь вид показанный на рис.5.3

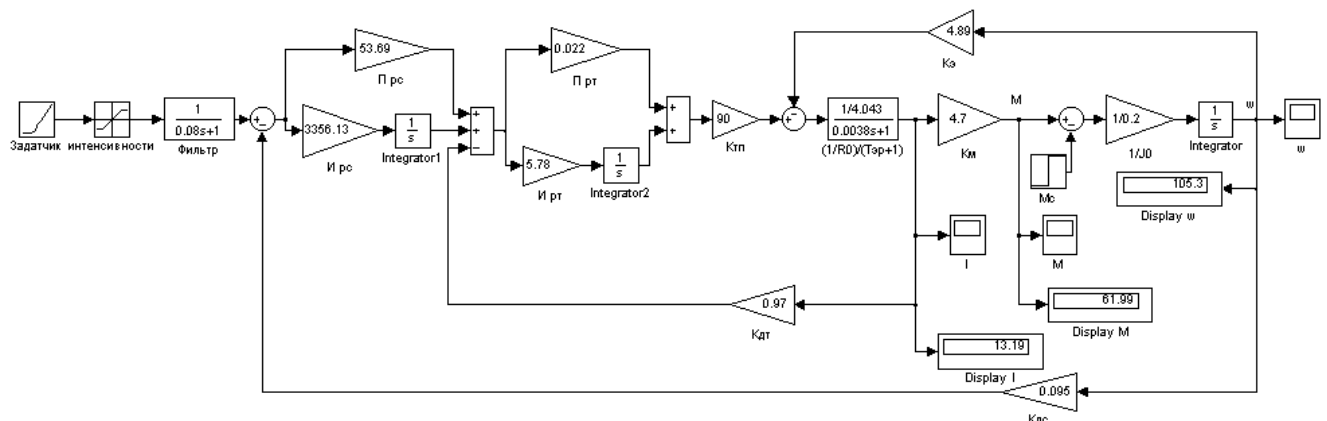


Рис.5.3. Структурная схема замкнутой системы подчиненного регулирования

Переходные процессы в системе подчиненного регулирования будут иметь вид:

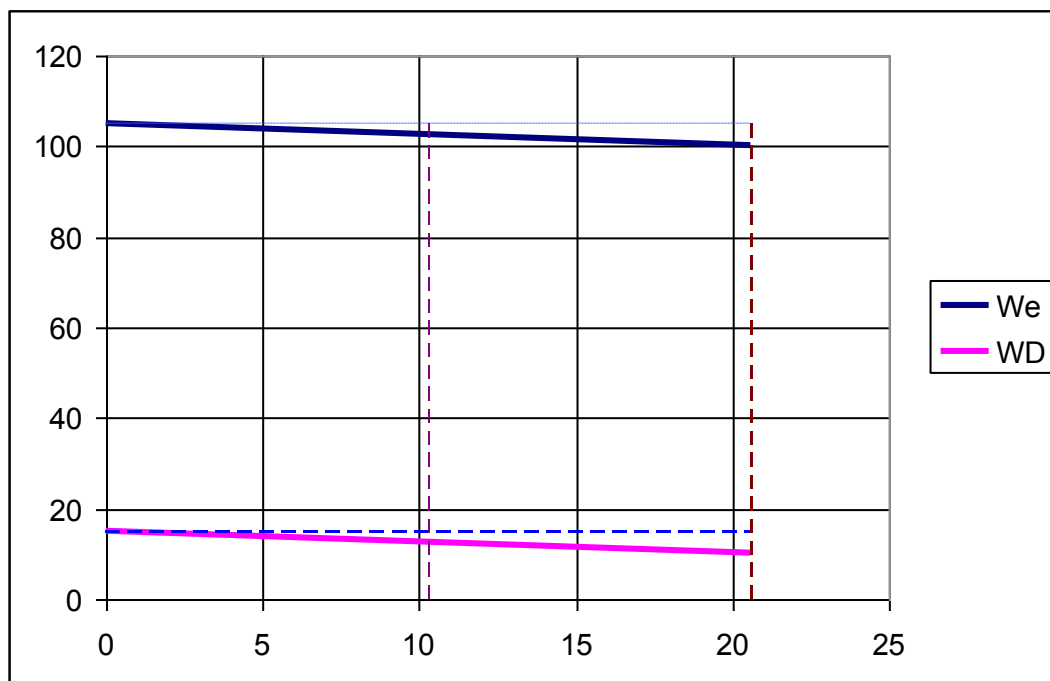


Рис.5.6. Статические характеристики в системе подчиненного регулирования с регулятором скорости, синтезированным по модульному оптимуму

Статические характеристики в системе подчиненного регулирования с регулятором скорости, синтезированным по модульному оптимуму, имеют следующий вид:

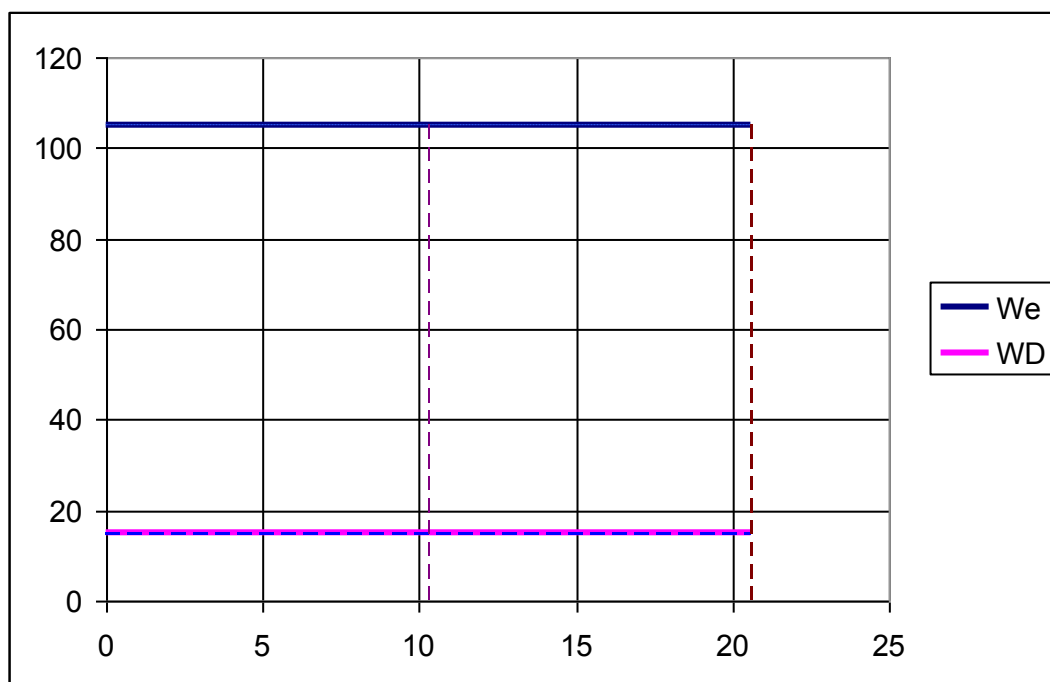


Рис.5.6. Статические характеристики в системе подчиненного регулирования с регулятором скорости, синтезированным по симметричному оптимуму

6. Разработка узлов электрической защиты электропривода

Защиты электропривода должны обеспечивать заданное быстродействие, обладать точностью и надежностью, быть селективными.

6.1 Защита от короткого замыкания

Защита от короткого замыкания (максимальная токовая защита) представлена либо автоматами с электромагнитным расцепителем, либо предохранителями. Возможна защита от короткого замыкания двумя реле максимального тока, одновременно защищающих двигатель от чрезмерно больших бросков тока. при длительном режиме работы защита от перегрева, вызванного перегрузкой по току осуществляется с помощью автоматов с тепловым расцепителем.

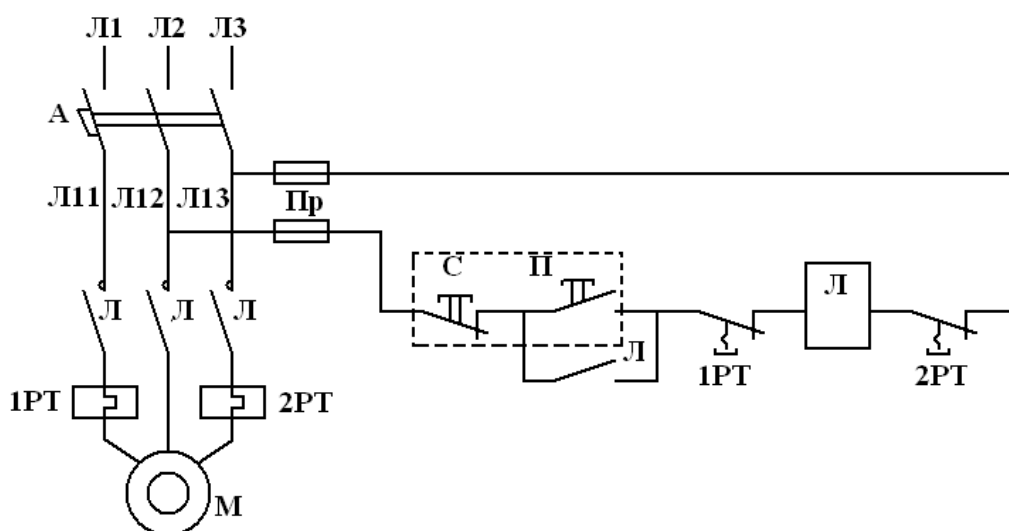


Рис 6.1. Принципиальная схема возможной реализации защиты АД

Ток уставки реле тока выбирается следующим образом:

$$I_{уст} = (1.1 \div 1.3) I_{пуск}$$

Поскольку пусковой ток равен $I_{пуск} = 56,65$ А, то ток уставки реле будет равняться $I_{уст} = 68$ А. Выбираем предохранитель марки ПР2,

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

исполнение 2, $I_n = 25$ А. Предохранители оперативной цепи выбираем НПН2-60, номинальный ток – 6 А.

6.2 Защита от самозапуска или нулевая защита

Нулевая защита (от чрезмерного понижения и исчезновения напряжения) осуществляется с помощью линейных контакторов отключающих схему. При восстановлении питания автоматический повторный запуск невозможен. Если в пусковой схеме присутствует команда контролер, данный вид защиты отключая схему разрешает повторный запуск только при установке команда контролера в исходное нулевое положение.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. Составление принципиальной схемы привода

Общая принципиальная схема электропривода типа ПЧ-АД с управлением по системе подчиненного регулирования с применением ряда различных защит двигателя и системы управления имеет следующий вид.

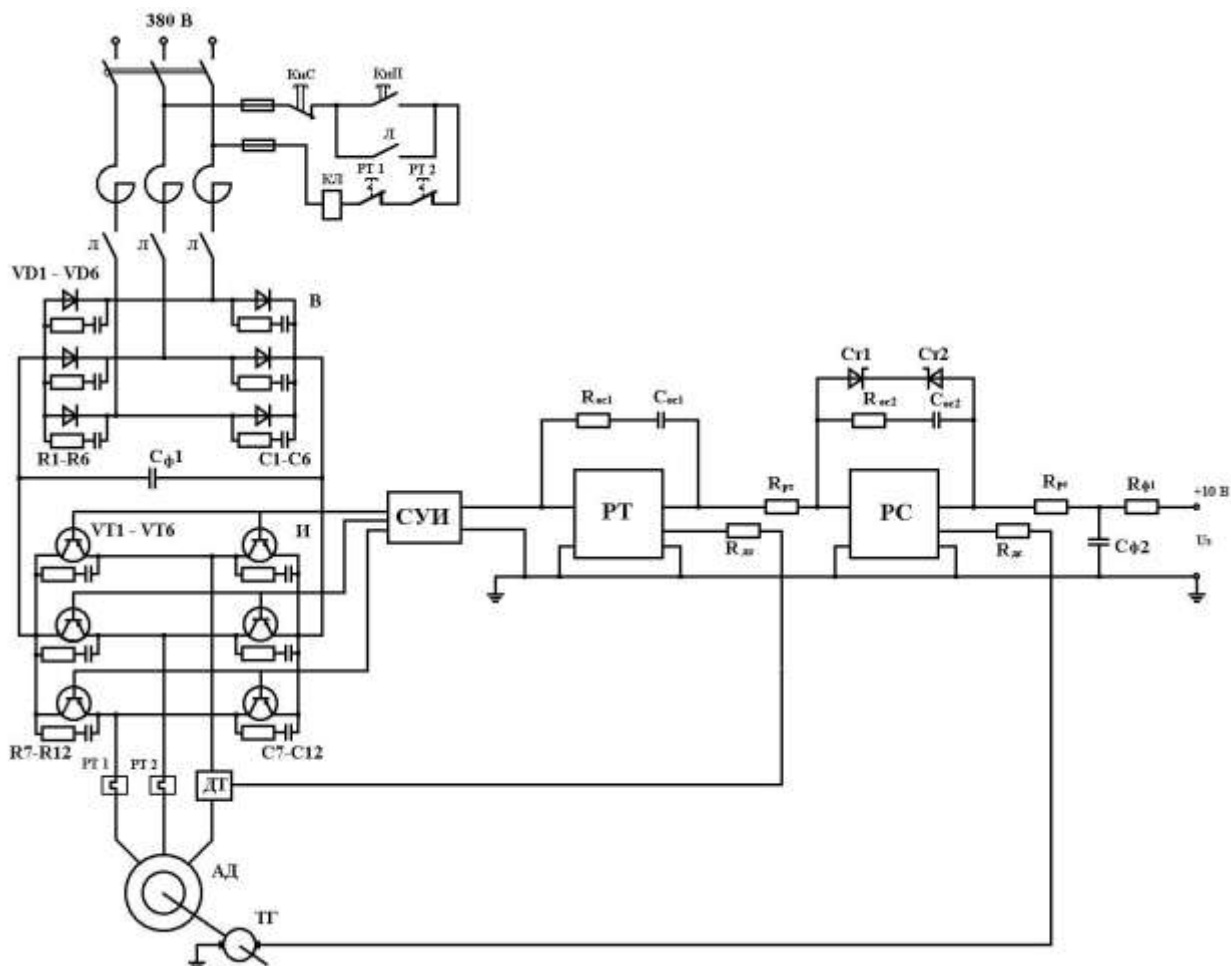


Рис.7.1. Принципиальная схема привода

9. Выводы

В данном курсовом проекте была рассмотрена система управления электроприводом бурового станка УБШ 501 АК, построенного по схеме «преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором». АД имеет параметры: $P_n=7,5$ кВт, $n_n=970$ об/мин. К системе были предъявлены следующие требования:

- статизм на нижней характеристике регулирования: $\Delta^* \leq 3\%$;
- перерегулирование: $\delta \leq 6\%$;
- время регулирования: $t_p=0,12$ сек.

В первую очередь были рассчитаны статические и механические характеристики разомкнутой системы и получены следующие результаты:

- статизм на нижней характеристике регулирования: $\Delta^* = 73,5\%$;
- кратность пускового тока: $I_{\pi}/I_n=10$;
- время регулирования: $t_p=0,25$ сек.

Так как значения статизма и пускового тока не удовлетворили заданного условия, то был проведен расчёт замкнутой системы с общим сумматором. В качестве датчика скорости использовался тахогенератор, а в качестве датчика тока – шунт.

Схема с общим сумматором позволила получить следующие статические и динамические характеристики:

- статизм на нижней характеристике регулирования: $\Delta^* = 6,67\%$;
- кратность пускового тока: $I_{\pi}/I_n=1,2$;
- время регулирования: $t_p=0,9$ сек.

Схема с общим сумматором эффективно ограничивала ток, но значения статизма и время регулирования все же несколько превышали заданные.

Расчёт системы подчинённого регулирования проводился для обеспечения показателей, близких к заданным. Для этого использовался масштабный множитель T_{μ} . Система подчинённого регулирования

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

складывается из регуляторов тока и скорости. Поскольку $T_M > 4T_\Sigma$, синтез регулятора тока проводился на модульный оптимум, т.к. он имеет лучшее быстродействие. В результате был получен регулятор ПИ-структуры. Регулятор скорости был синтезирован на симметричный оптимум, т.к. статизм системы (16,9%) все еще не удовлетворял заданному. В результате был получен регулятор ПИ-структуры.

Для ограничения тока в системе используется задатчик интенсивности со временем нарастания сигнала 0,22 с.

При моделировании системы с подчиненным регулированием были получены следующие результаты: ток и скорость устанавливаются на уровне номинальных, пусковой ток не превышает максимально заданного, время регулирования практически соответствует заданному.

В системе были применены защиты от: короткого замыкания и превышения током допустимой величины.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованной литературы

1. Башарин А.В. Автоматизация производства. - Львов. – 1979
2. Башарин А.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. – Львов: Энергоатомиздат. – 1990
3. Ильинский Н.Ф. Электроприводы постоянного тока с управляемым моментом. - М.: Энергоиздат. – 1981
4. Ильинский Н.Ф. Автоматизированный электропривод, силовые полупроводниковые приборы, преобразовательная техника. – М.: Энергоатомиздат. – 1983
5. Поздеев А. Динамика вентильного привода постоянного тока. - М.: Энергоатомиздат. – 1987
6. Справочник по преобразовательной технике/ Под общей редакцией С. Чиженко. - К.: Техніка. – 1978
7. Зимин Е.Н., Яковлев В.И. Автоматическое управление электроприводами. - М.: Высшая школа, 1979.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		