НЕРЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

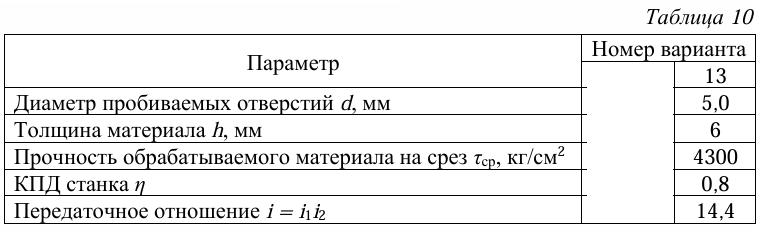
**Задание.** В соответствии с вариантом задания (табл. 2)

* 1. Разработать нерегулируемый электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем,
  2. Построить нагрузочную диаграмму производственного механизма
  3. Произвести предварительный выбор двигателя по мощности (при необходимости выбрать маховик),
  4. Построить нагрузочные диаграммы электропривода,
  5. Проверить выбранный электродвигатель по перегрузочной способности и потерям на нагрев в роторе,
  6. Составить принципиальную электрическую схему управления двигателем.

Вариант 13

**1. Разработать нерегулируемый электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем.**

Дыропробивной станок предназначен для пробивания отверстий в металле. Вращение от двигателя передается через зубчатые передачи маховику, на котором закреплен палец пуансона. В момент соприкосновения пальца пуансона с поверхностью пробиваемого листа угол между радиусом вращения пальца и горизонталью θ = 30°.



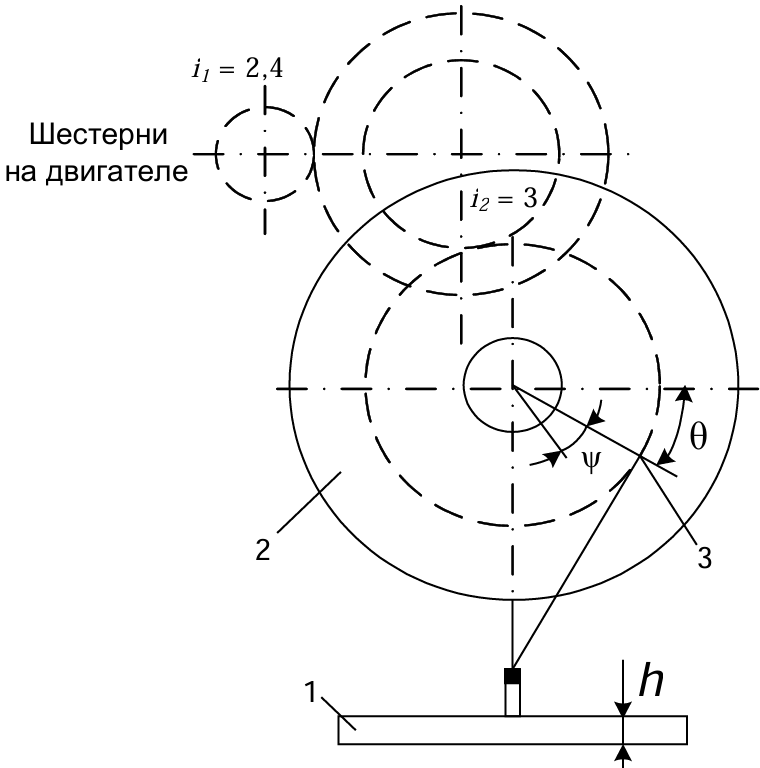


Рис. 1. Кинематическая схема дыропробивного станка   
1 – пробиваемый материал; 2 – маховик; 3 – палец пуансона

Номинальная частота вращения пальца пуансона, nп = 200 об/мин

Радиус вращения пальца пуансона r = 0.05 м

Угол ψ, на который должен повернуться радиус пальца пуансона, можно определить из выражения

sin(θ+ψ) = h/(r/2) + sin(θ) ,

h/(r/2) = 0.06 / (0.05/2) = 0.24

sin(θ) = sin(30°) = 0.5

ψ = arcsin(0.24+0.5) - 30° = 17.7°

Время пробоя одного отверстия t1 и время между двумя пробоями t2 соответственно, с:

t1 = = = 0.01475 c

t2 = - t1 = 60/200 - 0.01475 = 0.28525 c

Общее время цикла:

tц = = 60/200 = 0.3 c

**2. Построить нагрузочную диаграмму производственного механизма**

Рис. 1.2. Нагрузочная диаграмма производственного механизма

Максимальная сила давления на срез (диаметр и толщина в сантиметрах.)

F = 9.81 \* π \* d \* h \* τср = 9.81\*3.142\*0.5\*0.6\*4300 = 39762 H

За время пробоя сила давления на срез уменьшается до нуля. В связи с этим величину пробивного усилия можно принять

Fпроб = F/2 = 39762 / 2 = 19881 H

Максимальный момент сопротивления

Mmax = = 19881 \* 0.05 / (0.933\*14.4\*0.8) = 92.5 H\*м

Угол поворота вала двигателя, при котором нагрузка есть

φ0 = i\*ψ = 14.4 \* 17.7 = 254.88° = 4.448 рад

Угол цикла

φ0ц = i\*2\*π = 14.4\*2\*3.142 = 90.49 рад

То есть 4.448/ 90.49 = 5% от времени поворота двигатель испытывает нагрузку. А остальное время просто крутит маховик.

**3. Произвести предварительный выбор двигателя по мощности (при необходимости выбрать маховик).**

Частота вращения двигателя:

n = i \* nп = 14.4 \* 200 = 2880 об/мин

Предварительно выберем двигатель по среднему моменту

Mc1 = Mmax - Mmax/φ0 = 92.5 - 92.5/4.448 = 71.7 Н\*м

Расчетная мощность двигателя

Pр = (π /30) \* Mс.ср \* n = (3.142/30) \* 71.7 \* 2880 = 21627 Вт

Момент инерции вращающихся частей механизма (без учета момента инерции маховика) Jмex = 0.47 кг∙м2.

Выбираем асинхронный двигатель 4А180S2УЗ мощностью 22 кВт с номинальной частотой вращения 2940 об/мин. КПД 88.5%, cos(φн) = 0.91.

Кратность пускового момента Mп/Мн =1.4

Кратность максимального момента (перегрузочная способность двигателя) λm = Mm/Мн =2.2

Коэффициент перегрузки двигателя λд = Mmin/Мн = 1

Кратность пускового тока Iп/Iн =7.5

Момент инерции ротора Jдв = 0.07 кг∙м2.

Номинальный момент Мн = 9.55 \* (22000 / 2940) = 71.46 Н\*м .

Рассчитаем требуемый момент инерции маховика. Для этого рассчитывается суммарный момент инерции электропривода с маховиком

JΣ = = = 2.3 кг\*м2

где 𝑡ц = 0.3 с - время цикла;

Mc.0 = 0 – статический момент холостого хода;

Mc.max = Mmax = 92.5 Н\*м

λД – коэффициент перегрузки выбранного двигателя (паспортное значение);

sн = 1-2940/3000 = 0.02 - номинальное скольжение

Тогда величина момента инерции маховика:

Jмахов = JΣ - Jдв - Jмex  = 2.3 - 0.07 - 0.47 = 1.76 кг\*м2

**4. Построить нагрузочные диаграммы электропривода**

Расчеты выполняем в программе ААА-21. Исходные данные:

- синхронная угловая скорость w0 = 314.2 рад/с;

- суммарный момент инерции J = 2.3 кг\*м2;

- критический момент Мк = (Mm/Мн) \* Мн = 2.2 \* 71.46 = 157.2 Н\*м;

- критическое скольжение

sк = sн\*( λm + ) = 0.02\*(2.2+) = 0.0832;

-начальная угловая скорость двигателя w = 0 рад/с;

- время наблюдения t = 5\*𝑡ц = 1.5 c;

- коэффициент С = Мп' – Мп = 0.01;

- передаточное отношение редуктора i = 14.4;

Программа решает систему уравнений

В руководстве к программе сказано, что для расчета момента используется уточненная формула Клосса. Тогда момент пусковой

M(s=1) = + С \* e5\*(s-1)= + 0.01 = 26 Н\*м

Это значение пускового момента не соответствует тому, что указано в паспортных данных двигателя Mп = (Mп/Мн ) \* Мн = 1.4 \* 71.46 = 100 Н\*м.

При расчете по программе с С=0.01 получилось, что момент сопротивления раскручивает двигатель в противоположную сторону. То есть режим разгона посчитать нельзя.

Посчитаем установившийся режим. В программе, в качестве начальной, была задана номинальная скорость, w = 308 рад/c (nн = 2940 об/мин).

Если поставить номинальный момент на всем интервале, то передаточное число редуктора *i* не влияет. Видимо, оно не используется для того чтобы менять величину момента и следует задавать момент сопротивления на валу двигателя.

У нас по условию двигатель нагружен на участке от 0 до ψ = 17.7°. Есть рекомендация указывать не менее 20 точек. Возьмем 40 точек. В программе зададим Мс = 92.5 Н\*м на участке от 0 до 18°, то есть увеличим время нагрузки в 18/17.7 = 1.02 раз (на 2%).

Результаты расчета представлены на рисунке 2.

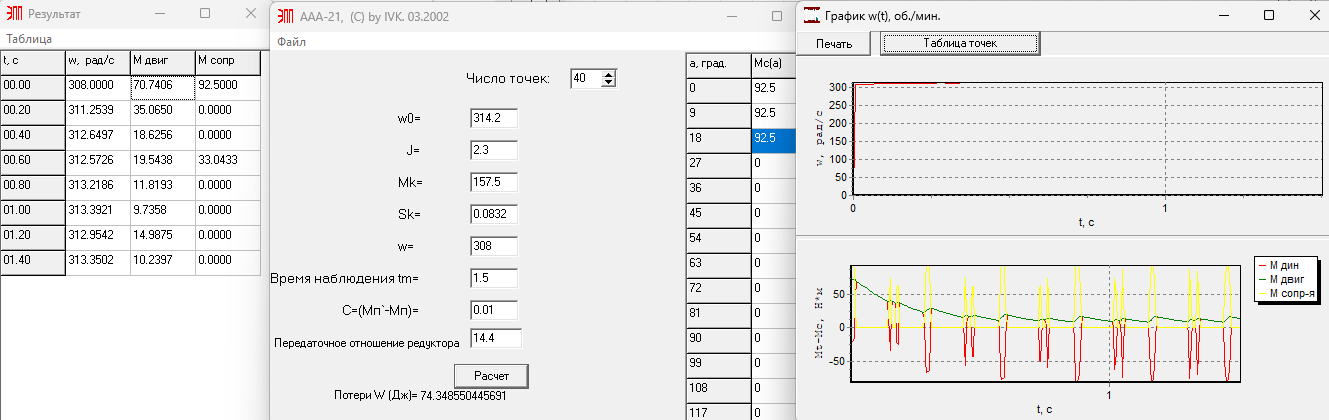


Рис. 2. Переход к установившемуся режиму работы

Из рис.2 видно, что нагрузка действует лишь небольшую часть времени. Для работы можно взять двигатель меньшей мощности. Надо только дать ему время раскрутить маховик. Возьмем двигатель 4A100S2У3. P = 4 кВт, n =2880 об/мин.

Mн = (4000/ 314.2)\*(3000/2880) = 13.3 Н\*м

Перегрузочная способность λm = 2.2

Мm = λm  \* Mн = 2.2 \* 13.3 = 29.3 Н\*м

Момент инерции ротора J = 35.3e-4 кг\*м2.

Номинальное скольжение sн = 1- 2880/3000 = 0.04

Критическое скольжение

sк = sн\*( λm + ) = 0.04\*(2.2+) = 0.1664;

От маховика отказываемся, так как механизм обладает достаточной инерцией. Чтобы убедиться в устойчивости работы был просчитан участок из десяти циклов t = 3 с. За это время двигатель не потерял динамики. Наблюдаются колебания скорости, то есть вибрация стала выше, чем с массивным маховиком. Потери составили 377 Дж за 10 циклов или Wр= 37.7 Дж за цикл.

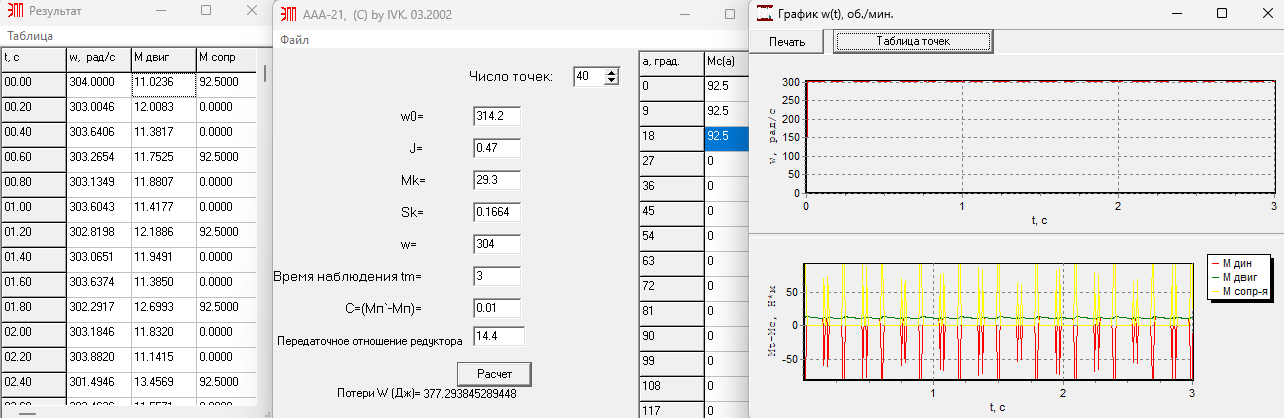


Рис. 3. Расчет установившегося режима без маховика и двигателем мощностью 4 кВт.

**5. Проверить выбранный электродвигатель по перегрузочной способности и потерям на нагрев в роторе.**

После расчета в программе ААА-2\* необходимо выполнить проверку выбранного двигателя по перегрузочной способности и допустимому нагреву. В первую очередь сопоставляются максимальные моменты: допустимый Мmах и рассчитанный по программе Mр.max.

У нас Mр.max = 13 Н\*м. У двигателя критический момент 26 Н\*м. Проверка по перегрузочной способности пройдена.

Номинальные потери в роторе

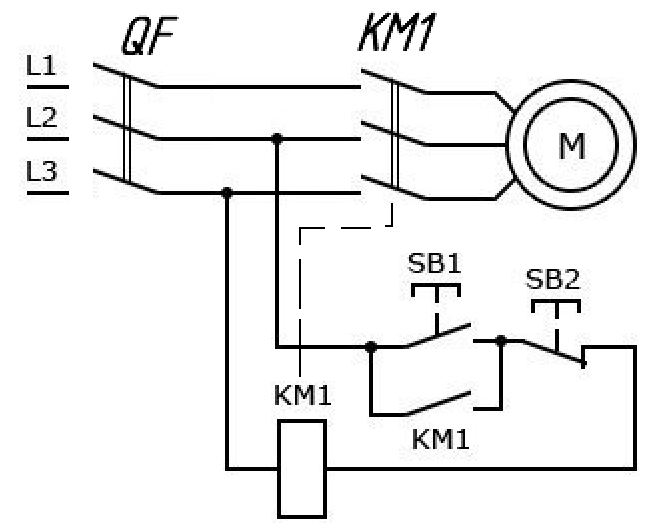
Wн = ω0 \* Мн \* sн \* tц = 314.2 \* 10.1 \* 0.053 \* 0.3 = 50.4 Дж за один цикл

где ω0 = 314.2 рад/с – угловая скорость идеального холостого хода;

Расчетные потери Wр = 37.7 Дж < Wн = 50.4 Дж, проверка по нагреву ротора пройдена.

**6. Составить принципиальную электрическую схему управления двигателем.**

У нас привод нерегулируемый, поэтому в схему управления входит только магнитный пускатель,

Рис. 4. Схема управления

Управление осуществляется кнопками “Пуск” и “Стоп”. Нажатие кнопки SB1 (“Пуск”) замкнет питающую цепь катушки (КМ1); через нормально замкнутые контакты последовательно соединенной кнопки “Стоп” фаза L3 будет подана на магнитный пускатель.

На катушку будет подано напряжение 320 В (между L2 и L3), что вызовет сработку пускателя - замыкание его силовых контактов и включение двигателя.

Замкнувшийся, параллельно подключенный к пусковой кнопке нормально разомкнутый дополнительный контакт обеспечит непрерывность питающей цепи катушки. Поэтому, отпустив кнопку “Пуск” силовые контакты пускателя не разомкнутся (“самоподхват”) и двигатель продолжит работу.

Останов двигателя выполняется нажатием кнопки “Стоп”. При нажатии нормально замкнутой SB2 происходит “разрыв” питающей фазы L3, что, в свою очередь вызывает сработку - отключение магнитного пускателя.

Обесточенная катушка перестанет удерживать якорь, а возвратная пружина вытолкнет его в исходное положение. Группа главных силовых контактов, размыкаясь, отключит электродвигатель от питающего напряжения.

Отпустив кнопку SB2, ее контакты вернуться в исходное положение - замкнутся, однако “разрыв” питающей цепи катушки будет обеспечен разомкнутыми КМ1 и SB1