



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

# **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению контрольной работы**

**по одноименному курсу для студентов специальности**

**1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»**

**заочной формы обучения**

Гомель 2006

УДК 621.3(075.8)  
ББК 31.291я73  
Т33

*Рекомендовано научно-методическим советом  
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 7 от 28.06.2005 г.)*

Автор-составитель: *В. И. Луковников*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Промышленная электроника» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*Б. А. Верига*

Т33 **Теория** автоматического управления : метод. указания по выполнению контрол. работы по одноим. курсу для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заоч. формы обучения / авт.-сост. В. И. Луковников. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2006. – 16 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Методические указания содержат примеры выполнения всех разделов контрольной работы, направленной на усвоение двух основных принципов построения систем автоматического управления электроприводами: регулирование по отклонению и регулирование по возмущению, а также расчет установившегося режима работы САУ электродвигателем постоянного тока.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заочной формы обучения.

**УДК 621.3(075.8)**  
**ББК 31.291я73**

© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2006

## Введение

Контрольная работа по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 1-53 01 05 00 заочной формы обучения направлена на усвоение двух основных принципов построения систем автоматического управления (САУ) электроприводами: регулирование по отклонению (принцип Ползунова-Уатта) и регулирование по возмущению (принцип Понселе).

В контрольной работе производится расчёт установившегося (рабочего) режима работы САУ электродвигателем постоянного тока, при котором обеспечивается стабилизация частоты вращения с заданной точностью.

Контрольная работа оформляется в тетради, разлинованной в клеточку, вычисления производятся в абсолютных единицах системы СИ, условные графические и буквенные обозначения должны соответствовать ГОСТам и ЕСКД [1].

Контрольная работа должна содержать:

- ✓ титульный лист с темой и данными студента,
- ✓ задание на контрольную работу,
- ✓ расчёт механической характеристики электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения без системы автоматического управления,
- ✓ определение коэффициента передачи регулятора в системе с регулированием по возмущению (момент нагрузки на валу электродвигателя) и расчёт механической характеристики этой САУ,
- ✓ определение коэффициента передачи регулятора в системе с регулированием по отклонению и расчёт механической характеристики этой САУ,
- ✓ сравнительный анализ полученных результатов, выводы.

### 1. Задания на контрольную работу по теории автоматического управления.

Задания на контрольную работу по дисциплине «Теория автоматического управления» содержит две задачи, в каждой из которых требуется рассчитать коэффициент передачи регулятора по заданной точности при построении САУ электропривода постоянного тока с регулированием по возмущению (задача №1) и с регулированием по отклонению (задача №2).

Вариант, который требуется решить, выбирается из таблицы 1.1., где данные электродвигателей располагаются по номерам студентов в списке группы, таблицы 1.2., где задание определяется последней цифрой номера зачётки, и таблицы 1.3., где задание определяется предпоследней цифрой номера зачётки.

Данные на расчёт по своему варианту обязательно представляются в тетради, где оформляется контрольная работа.

Таблица 1.1

## Номинальные технические данные электродвигателей

Технические данные	Номер студента по списку группы																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Мощность, Рн, кВт	0,75	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11,0	6,0	6,0	6,0	12,8	0,75	1,0	1,0	1,3	1,2	2,3
Скорость, Пн, об/мин	1000	1000	750	600	500	600	600	500	500	500	600	2500	2360	2200	2000	1000	1000	750	600	500	600
Момент, Мн, Нм	7,16	10,5	14,0	18	21,0	35,0	47,7	76,4	105,0	143	175,0	22,8	24,3	26,0	61,1	7,16	9,55	13	20,6	23	36,6
Напряжение якоря, Uяп, В	52,0	56,0	44,0	47,0	50,0	53,0	70,0	66,0	78,5	58,0	82,0	400,0	440,0	440,0	380,0	52,0	56,0	44,0	47,0	50,0	53,0
Ток якоря, Iяп, А	18,0	24,0	32	29,0	28,0	50,0	50,0	78,5	90,0	182,0	180,0	15,3	14,1	15,6	37,4	20,0	25,0	28,0	35,0	32,0	54,0
Сопротивление якоря, Rя, Ом	0,57	0,42	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,19	0,19	0,09	0,12	0,51	1,07	3,52	1,01	0,73	0,64	0,3	0,282	0,40	0,19

Таблица 1.2.

Параметры узлов САУ с регулированием по возмущению

Техниче- ские данные	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кдм, В/Нм	0,1	0,08	0,06	0,04	0,02	0,025	0,035	0,045	0,05	0,07
Кт.п., В/В	10,0	12,0	20,0	18,0	8,0	24,0	30,0	14,0	16,0	26,0

Таблица 1.3.

Напряжения задания и параметры узлов САУ с регулированием по отклонению

Техниче- ские данные	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Кт.г., Вс	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,045	0,035	0,025	0,015	0,06
Кт.п., В/В	26,0	16,0	14,0	30,0	24,0	8,0	18,0	20,0	12,0	10,0
S, %	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	7,0	8,0	7,5

## 2. Краткие теоретические сведения.

При описании САУ используется понятие сигнал, под которым понимается физическая величина (напряжение, ток, перемещение, давление, тепловое излучение, ...), несущая информацию (сигнализирующая) о состоянии элементов САУ.

На функциональных или блок-схемах САУ обычно обозначаются:

$X_{ex}$  – управляющий сигнал,

$X_{vbx}$  – регулируемая величина (сигнал),

$f$  -- возмущающий сигнал (воздействие),

$\Delta X$  – сигнал ошибки регулирования (отклонение, рассогласование).

В разомкнутых САУ сигналы  $X_{vbx}$  и  $f$  никак не влияют на управляющий сигнал  $X_{ex}$ , а в замкнутых САУ влияют, и тогда каналы передачи сигналов образуют контуры регулирования.

Если в процессе управления (обычно цель регулирования  $X_{vbx} \equiv X_{ex}$ ) учитывается, а затем компенсируется возмущение  $f$ , то такой подход называется принципом Понселе, регулированием по возмущению.

Если же в процессе управления  $X_{vbx}$  сравнивается с  $X_{ex}$ , а затем отклонение  $\Delta X$  компенсируется (устремляется к нулю), то такой подход называется принципом Ползунова—Уатта, регулированием по отклонению.

## 2.1. Построение системы стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока по принципу Понселе (регулирование по возмущению).

На рисунке 2.1 представлена блок-схема САУ, реализованная по принципу регулирования по возмущению.

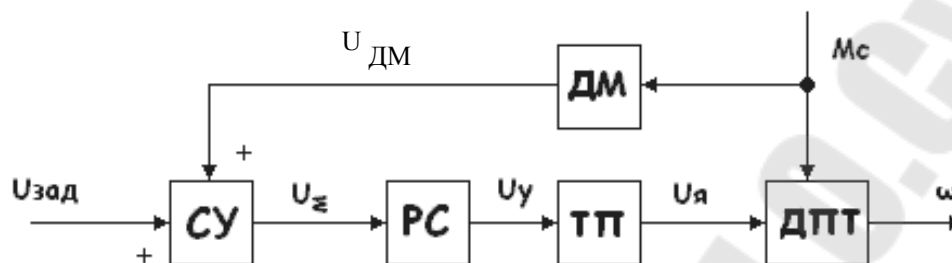


Рис. 2.1 Блок-схема автоматизированного электропривода, построенного по принципу Понселе. (регулирование по возмущению)

Здесь обозначено:

ДПТ – электродвигатель постоянного тока (объект регулирования); ТП – тиристорный преобразователь с коэффициентом передачи  $K_{ТП}$ ; ДМ – датчик момента сопротивления  $M_c$  (измеритель возмущения с коэффициентом передачи  $K_{ДМ}$ ); СУ – суммирующее устройство; РС – регулятор скорости с коэффициентом передачи  $K_p$ ;  $U_{зад}$  – напряжение задания (входной сигнал);  $\omega$  – угловая скорость вращения якоря ДПТ (выходной сигнал);  $U_{дм}$ ,  $U_{\Sigma}$ ,  $U_{я}$  – промежуточные напряжения (сигналы).

Принцип действия такой САУ заключается в следующем. Известно, что рост момента нагрузки  $M_c$  на валу ДПТ приводит к уменьшению скорости вращения якоря  $\omega$  (смотри, например, п.3.1). Но в соответствии со схемой САУ при этом растет выходное напряжение ДМ, что приводит к росту напряжения  $U_{\Sigma}$  сумматора, а далее через регулятор РС и тиристорный преобразователь ТП к росту якорного напряжения  $U_{я}$  электродвигателя. Это заставляет скорость электродвигателя увеличиться.

При правильной настройке регулятора величиной его коэффициента передачи  $K_p$  можно добиться стабилизации скорости вращения. Насколько скорость снизится за счет роста  $M_c$ , настолько же она увеличится за счет роста  $U_{я}$ .

Без системы управления в установившемся режиме ДПТ НВ по якорной цепи описывается уравнением

$$U_{я} = I_{я} \cdot R_{я} + E_{я} = \frac{M_c \cdot R_{я}}{K_e \cdot \Phi_{вН}} + K_e \cdot \Phi_{вН} \cdot \omega,$$

где  $M_c = M_{дв} = K_e \cdot \Phi_{вН} \cdot I_{я}$  – момент сопротивления (нагрузки) на валу;  $\Phi_{вН}$  – номинальный магнитный поток (const);  $K_e$  – магнитная постоянная;  $E_{я} = K_e \cdot \Phi_{вН} \cdot \omega$  – ЭДС вращения (противоЭДС);  $U_{я}$  – напряжение питания якорной цепи.

Из уравнения якорной цепи электродвигателя следует, что

$$\omega = \frac{1}{K_e \cdot \Phi_{вН}} \cdot U_{я} - \frac{R_{я}}{K_e^2 \cdot \Phi_{вН}^2} \cdot M_c = \omega_{зад} - \Delta\omega_m. \quad (2.1)$$

Это уравнение механической характеристики ДПТ НВ, в котором первое слагаемое представляет собой заданную скорость  $\omega_{зад}$  напряжением  $U_{я}$  якорной обмотки (управление или задание), а второе -- ошибку по скорости  $\Delta\omega_m$  (отклонение от заданной скорости) из-за нагрузочного момента  $M_c$  на валу двигателя.

С системой управления по возмущению согласно рис.2.1 можно описать ДПТ НВ уравнениями для установившегося режима в следующем виде

$$\begin{cases} U_{дм} = K_{дм} \cdot M_c, \\ U_{\Sigma} = U_{зад} + U_{дм}, \\ U_y = K_p \cdot U_{\Sigma}, \\ U_{я} = K_{тп} \cdot U_y, \\ \omega = \frac{1}{K_e \cdot \Phi_{вН}} \cdot U_{я} - \frac{R_{я}}{K_e^2 \cdot \Phi_{вН}^2} \cdot M_c. \end{cases} \quad (2.2)$$

Методом подстановки исключим промежуточные сигналы  $U_{дм}$ ,  $U_{\Sigma}$ ,  $U_y$ ,  $U_{я}$  в системе уравнений (2.2) и найдем выражение для механической характеристики САУ ДПТ НВ

$$\omega = \frac{K_p \cdot K_{тп}}{K_e \cdot \Phi_{вН}} \cdot U_{зад} + \left( \frac{K_{дм} \cdot K_p \cdot K_{тп}}{K_e \cdot \Phi_{вН}} - \frac{R_{я}}{K_e^2 \cdot \Phi_{вН}^2} \right) \cdot M_c = \omega_{зад} - \Delta\omega_m. \quad (2.3)$$

Видно, что в данном случае можно сделать скоростную ошибку нулевой ( $\Delta\omega=0$ ), если настроить регулятор так, что бы его коэффициент передачи

$$K_p = \frac{R_{я}}{K_e \cdot \Phi_{вн} \cdot K_{дм} \cdot K_{тп}} \quad (2.4)$$

При этом уравнение механической характеристики примет вид

$$\omega = \frac{R_{я}}{K_e^2 \cdot \Phi_{вн}^2 \cdot K_{дм}} \cdot U_{зад} \quad (2.5)$$

## 2.2. Построение системы стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока по принципу Ползунова—Уатта (регулирование по отклонению).

На рисунке 2.2. представлена блок-схема САУ, реализованная по принципу регулирования по отклонению.

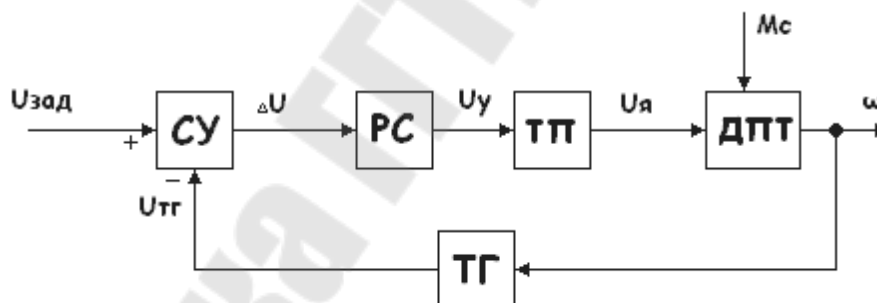


Рис. 2.2. Блок-схема автоматизированного электропривода, реализованного по принципу Ползунова—Уатта.

Здесь дополнительно к рис. 2.1. обозначено:

СУ – сравнивающее устройство, ТГ – тахогенератор,  $\Delta U$  – напряжение (сигнал) рассогласования,  $U_{тг}$  – напряжение тахогенератора (обратной связи).

В этой САУ уменьшение скорости  $\omega$  от роста нагрузки  $M_c$  тоже компенсируется ростом напряжения  $U_{я}$ . Но в отличие от предыдущего варианта рост  $U_{я}$  достигается увеличением напряжения рассогласования  $\Delta U$  с помощью устройства сравнения, где из напряжения задания вычитается напряжение  $U_{тг}$  датчика скорости (тахогенератора).



Если  $\omega$  уменьшилось, то  $U_{тг}$  тоже уменьшилось, но  $\Delta U$  увеличилось, а значит выросли  $U_{я}$  и скорость вращения якоря.

В установившемся режиме эту САУ можно описать системой уравнений

$$\begin{cases} \Delta U = U_{зад} - U_{тг}, \\ U_{у} = K_p \cdot \Delta U, \\ U_{я} = K_{тп} \cdot U_{у}, \\ U_{тг} = K_{тг} \cdot \omega, \\ \omega = \frac{U_{я}}{K_e \cdot \Phi_{вн}} - \frac{R_{я}}{K_e^2 \cdot \Phi_{вн}^2} \cdot M_c. \end{cases} \quad (2.6)$$

Методом исключения промежуточных переменных получим из (2.6) выражение для механической характеристики данной САУ ДПТ НВ

$$\omega = \frac{K_p \cdot K_{тп}}{K_e \cdot \Phi_{вн} + K_p \cdot K_{тп} \cdot K_{тг}} \cdot U_{зад} - \frac{R_{я}}{K_e \cdot \Phi_{вн} (K_e \cdot \Phi_{вн} + K_p \cdot K_{тп} \cdot K_{тг})} \cdot M_c = \omega_{зад} - \Delta\omega_M \quad (2.7)$$

Из полученного видно, что в данной САУ сделать скоростную ошибку  $\Delta\omega_M$  нулевой при реальных параметрах элементов не удастся, но получить ее не более допустимой можно.

Для этого первоначально надо настроить обратную связь, исходя из теоретически возможного условия, что при  $K_p \rightarrow \infty$  отклонение  $\Delta\omega_M \rightarrow 0$ .

При этом уравнение (2.7) дает расчетное соотношение для требуемого коэффициента передачи обратной связи

$$K_{тг} = \frac{U_{зад}}{\omega_{зад}}. \quad (2.8)$$

Теперь из условия

$$\Delta\omega_M = \frac{R_{я} \cdot M_c}{K_e \cdot \Phi_{вн} (K_e \cdot \Phi_{вн} + K_p \cdot K_{тп} \cdot \frac{U_{зад}}{\omega_{зад}})} \leq [\Delta\omega_M],$$

где  $[\Delta\omega_M]$  – допустимая скоростная ошибка из-за нагрузочного момента  $M_c$ , можно получить расчетное выражение для требуемого коэффициента передачи регулятора скорости

$$K_p \geq \frac{R_{\text{я}} \cdot M_{\text{ст}} - K_e^2 \cdot \Phi_{\text{вН}}^2 \cdot \omega_{\text{зад}} \cdot [S]}{K_{\text{тп}} \cdot U_{\text{зад}} \cdot K_e \cdot \Phi_{\text{вН}} \cdot [S]} \quad (2.9)$$

Здесь через  $[S] = [\Delta\omega_M] / \omega_{\text{зад}}$  обозначен статизм (допустимая относительная скоростная ошибка от момента нагрузки, выраженная не в %).

### 3. Методические указания и примеры выполнения разделов контрольной работы.

#### 3.1. Расчёт механической характеристики ДПТ НВ без САУ.

Пусть по заданию на контрольную работу электродвигатель имеет:

- мощность на валу — 1кВт,
- скорость вращения якоря — 1000 об/мин,
- номинальный момент — 9,55 Нм,
- номинальное якорное напряжение — 50 В,
- номинальный якорный ток — 25 А,
- сопротивление якоря — 0,4 Ом.

Тогда согласно(2.1) можно рассчитать уравнение механической характеристики электродвигателя, используя зависимость  $M_N = K_e \Phi_{\text{вН}} I_{\text{яН}}$ , следующим образом:

$$\omega = \frac{1}{K_e \Phi_{\text{вН}}} u_{\text{я}} - \frac{R_{\text{я}}}{K_e^2 \Phi_{\text{вН}}^2} M_c = \frac{I_{\text{яН}}}{M_N} u_{\text{я}} - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{яН}}^2}{M_N^2} M_c = \frac{25}{9.55} u_{\text{я}} - \frac{0.4 \cdot 25^2}{9.55^2} M_c = 2.62 u_{\text{я}} - 2.75 M_c$$

Отсюда номинальная скорость

$$\omega_N = 2.62 \cdot U_{\text{яН}} - 2.75 M_N = 2.62 \cdot 50 - 2.75 \cdot 9.55 = 104.7 \text{с}^{-1},$$

что соответствует заданию  $\omega_N = \pi n_N / 30 = 3.14 \cdot 1000 / 30 = 104.7 \text{с}^{-1}$

Согласно расчёта механическая характеристика ДПТ НВ построена в виде графических зависимостей для двух значений напряжения на якоре  $u_{\text{я}} = U_{\text{яН}} = 50 \text{В}$  и  $u_{\text{я}} = 0.5 \cdot U_{\text{яН}} = 25 \text{В}$ , представленных на рисунке 3.1.

Видно, что нагрузочный момент существенно снижает скорость вращения якоря электродвигателя.

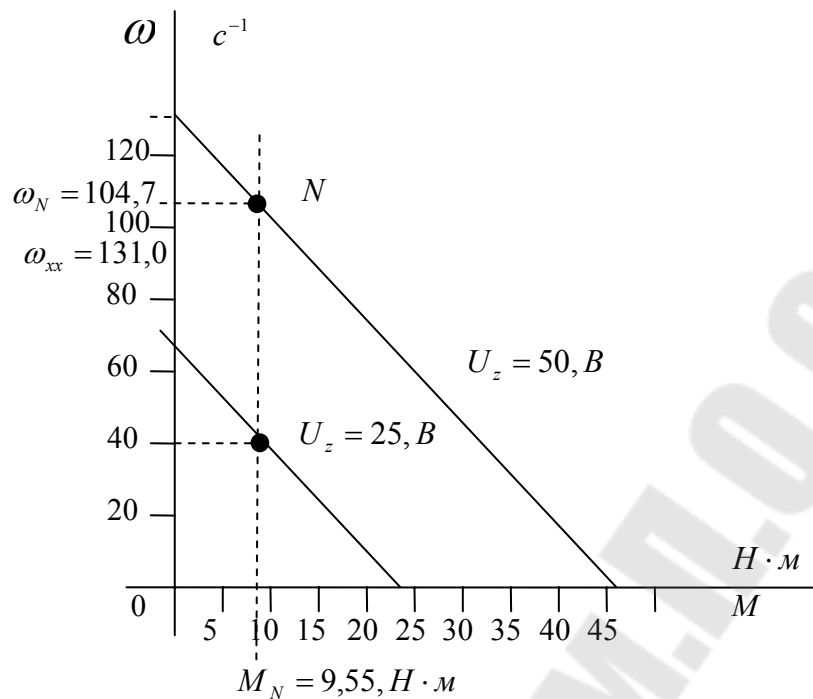


Рис. 3.1. Пример расчёта и построения механической характеристики ДПТ НВ без САУ.

Статизм, то есть относительное изменение скорости из-за момента нагрузки, равен

$$S\% = \frac{\omega_{xx} - \omega_N}{\omega_{xx}} 100\% = \frac{131 - 104.7}{131} 100\% = 20\%$$

### 3.2. Расчёт коэффициента передачи регулятора, напряжения задания и механической характеристики САУ с регулированием по возмущению.

Пусть по заданию САУ с регулированием по возмущению (момент нагрузки) рассмотренного электродвигателя согласно схемы, представленной на рисунке 2.1, имеет:

- коэффициент передачи тиристорного преобразователя — 10 В/В,
- коэффициент передачи датчика момента сопротивления — 0,05 В/Нм.

Тогда согласно (2.4) можно определить коэффициент передачи регулятора скорости, при котором обеспечивается скоростная ошибка, следующим образом

$$K_p = \frac{R_{\text{я}}}{K_{\text{е}} \Phi_{\text{вн}} K_{\text{дм}} K_{\text{тп}}} = \frac{R_{\text{я}} I_{\text{ян}}}{M_N K_{\text{дм}} K_{\text{тп}}} = \frac{0,4 \cdot 25}{9,55 \cdot 0,05 \cdot 10} = 2,09 \text{ В/В.}$$

Проверим, становится ли нулевой скоростная ошибка, по выражению (2.3)

$$\Delta\omega_M = \frac{K_{DM}K_pK_{TP}}{K_e\Phi_{BN}} - \frac{R_{я}}{(K_e\Phi_{BN})^2} = \frac{0,05 \cdot 2,09 \cdot 10 \cdot 25}{9,55} - \frac{0,4 \cdot 25^2}{9,55^2} = 0,01 \approx 0.$$

Видно, что регулятор работает правильно.

Тогда можно получить уравнение механической характеристики САУ согласно (2.5) в виде

$$\omega = \frac{R_{я}}{(K_e\Phi_{BN})^2 K_{DM}} u_{зад} = \frac{0,4 \cdot 25^2}{9,55^2 \cdot 0,05} = 54,8 u_{зад}.$$

Отсюда номинальное напряжение задания

$$U_{зад} = \frac{\omega_N}{54,8} = \frac{104,7}{54,8} = 1,91 \text{ В.}$$

Согласно расчёта механическая характеристика САУ с регулированием по возмущению построена в виде графических зависимостей для двух значений сигнала задания  $u_{ex} = U_{задN} = 1,91 \text{ В}$  и  $u_{ex} = 0,5U_{задN} = 0,955 \text{ В}$ , представленных на рисунке 3.2.

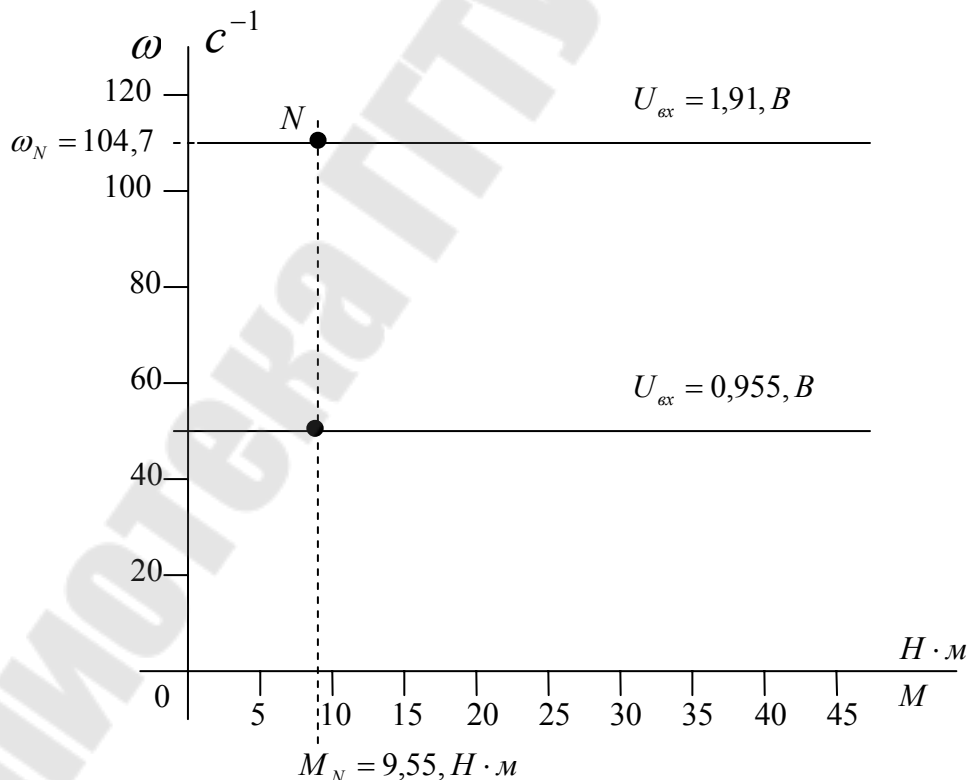


Рис. 3.2. Пример расчёта и построения механической характеристики САУ ДПТ НВ с регулированием по моменту нагрузки (возмущение).

Видно, что теперь нагрузочный момент не снижает скорость вращения ротора электродвигателя.

Статизм  $S = 0\%$ .

### 3.3. Расчёт коэффициента передачи регулятора, напряжения задания и механической характеристики САУ с регулированием по отклонению.

Пусть по заданию САУ с регулированием по отклонению рассмотренного электродвигателя согласно схемы, представленной на рисунке 2.2., имеет:

- коэффициент передачи тиристорного преобразователя — 10 В/В,
- коэффициент передачи тахогенератора (датчик скорости) — 0,05 Вс
- допустимая величина статизма — 5,0 %.

Тогда согласно (2.7) можно первоначально найти номинальное напряжение задания

$$U_{задN} = K_{ТГ} \omega_{задN} = 0,05 \cdot 104,7 = 5,235 \text{ В}$$

Затем по (2.8) можно рассчитать наименьшее значение коэффициента передачи регулятора, при котором обеспечивается статизм не больше требуемого при номинальных значениях сигналов.

$$K_p \geq \frac{R_{Я} \cdot M_C - (\kappa_e \cdot \Phi_{вN})^2 \cdot \omega_{зад} \cdot [S]}{K_{ТП} \cdot U_{зад} \cdot \kappa_e \cdot \Phi_{вN} \cdot [S]} = \frac{0,4 \cdot 9,55 - \left(\frac{9,55}{25}\right)^2 \cdot 104,7 \cdot 0,05}{10 \cdot 5,235 \cdot \frac{9,55}{25} \cdot 0,05} = 3,06.$$

Выберем, с целью более надежного обеспечения требуемого статизма,

$$K_p = 10 > 3,06.$$

Теперь по уравнению (2.6) можно рассчитать механическую характеристику данной САУ

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{K_p \cdot K_{ТП}}{\kappa_e \cdot \Phi_{вN} + K_p \cdot K_{ТП} \cdot K_{ТГ}} \cdot U_{зад} - \\ &= \frac{R_{Я}}{\kappa_e \cdot \Phi_{вN} (\kappa_e \cdot \Phi_{вN} + K_p \cdot K_{ТП} \cdot K_{ТГ})} \cdot M_C = \\ &= \frac{10 \cdot 10}{\frac{9,55}{25} + 10 \cdot 10 \cdot 0,05} \cdot U_{зад} - \\ &= \frac{0,4}{\frac{9,55}{25} \left(\frac{9,55}{25} + 10 \cdot 10 \cdot 0,05\right)} \cdot M_C = 18,58 \cdot U_{зад} - 0,195 \cdot M_C. \end{aligned}$$

Уточним расчет номинального напряжения задания по полученному уравнению для номинального режима

$$\omega_{зад,N} = 18,58 \cdot U_{зад,N} - 0,195 \cdot M_N.$$

Получим

$$U_{зад,N} = \frac{\omega_{зад,N} + 0,195 \cdot M_N}{18,58} = \frac{104,7 + 0,195 \cdot 9,55}{18,58} = 5,74 \text{ В.}$$

По рассчитанной механической характеристике САУ с регулированием по отклонению построены графические зависимости для двух значений сигнала задания

$$u_{ex} = U_{зад,N} = 5,74 \text{ В и } u_{ex} = 0,5 \cdot U_{зад,N} = 2,87 \text{ В,}$$

представленные на рисунке 3.3

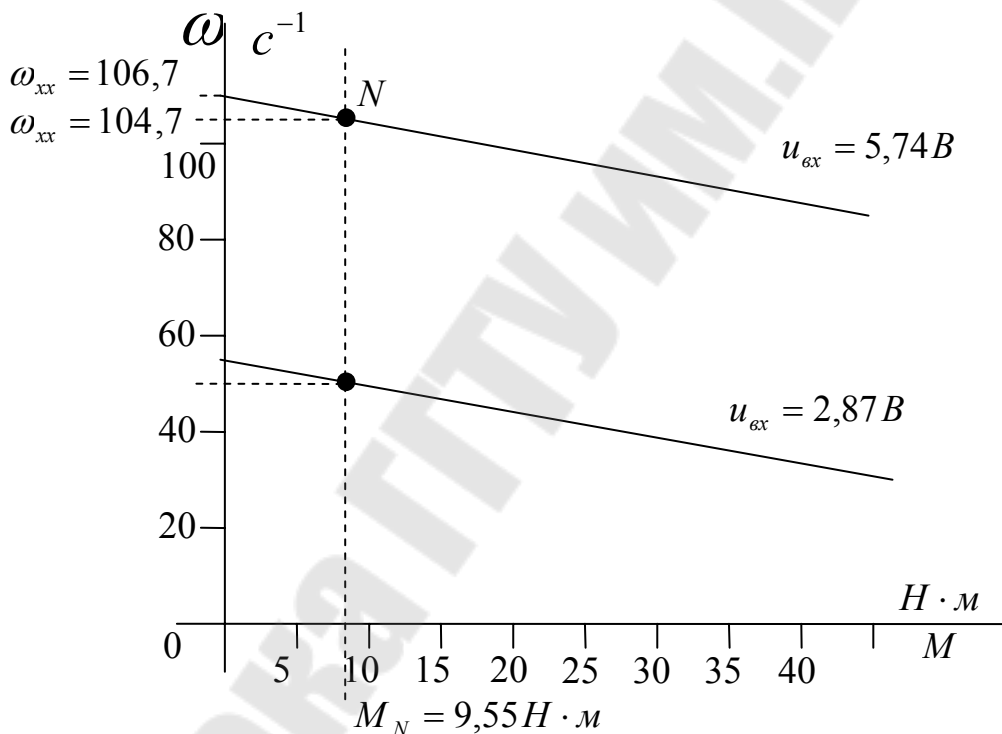


Рис. 3.3. Пример расчета и построения механической характеристики САУ ДПП НВ с регулированием по отклонению от заданной скорости вращения.

Из полученного видно, что влияние момента нагрузки на скорость заметно меньше. Чем в двигателе без системы управления.

Статизм

$$S\% = \frac{\omega_{XX} - \omega_N}{\omega_{XX}} \cdot 100\% = \frac{106,7 - 104,7}{106,7} \cdot 100\% = 1,87\% < 5\%$$

меньше, чем требовалось в задании.

## Литература

1. Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления. – Минск: Изд. «Дизайн ПРО», 2000 — 351с.
2. Справочник по теории автоматического управления /Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987.
3. Усатенко С.Т. и др. Выполнение электрических схем по ЕСКД. – М.: Изд. Стандартов, 1992. -316с.
4. М/УК №2430. Луковников В.И., Захаренко В.С. Практическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности Т. 11. 02. 01. — Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 1999. – 60с
5. М/УК №2915. Луковников В.И., Веппер Л.В. Практическое пособие к выполнению лабораторных работ по курсу «Теория автоматического управления» для студентов специальности Т. 11. 02. 01. Часть 4 – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2004. – 33с.

## Содержание

Введение.....	3
1. Задания на контрольную работу по теории автоматического управления .....	3
2. Краткие теоретические сведения.....	5
2.1. Построение системы стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока по принципу Понселе (регулирование по возмущению).....	6
2.2. Построение системы стабилизации частоты вращения электродвигателя постоянного тока по принципу Ползунова–Уатта (регулирование по отклонению) .....	8
3. Методические указания и примеры выполнения разделов контрольной работы.....	10
3.1. Расчёт механической характеристики ДПТ НВ без САУ .....	10
3.2. Расчёт коэффициента передачи регулятора, напряжения задания и механической характеристики САУ с регулированием по возмущению.....	11
3.3. Расчёт коэффициента передачи регулятора, напряжения задания и механической характеристики САУ с регулированием по отклонению .....	13
Литература .....	15



# **ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

## **Методические указания по выполнению контрольной работы по одноименному курсу для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» заочной формы обучения**

Автор-составитель: **Луковников** Вадим Иванович

Подписано в печать 18.12.06.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,04. Уч.-изд. л. 1,1.

Изд. № 155.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на МФУ XEROX WorkCentre 35 DADF  
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого».

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.