

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технического обеспечения производства и
переработки продукции животноводства

АВТОМАТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И АСУТП

Методические указания по выполнению
курсовой работы
для студентов
инженерно-технологического факультета

Составили: доц. Богданович П.Ф.
доц. Григорьев Д.А.

Утверждено на заседании
кафедры ТОП и ППЖ

« 09 » 06 2009г.

Протокол № 8

Гродно, 2009

УДК: 631.171 (075.8)

Рецензент: кандидат технических наук, доцент Э.В.Заяц

Богданович П. Ф.
Григорьев Д. А.

Автоматика, автоматизация и АСУТП Методические указания по выполнению курсовой работы.

∴

Б ? Для студентов инженерно-технологического факультета /
П. Ф. Богданович, Д. А. Григорьев.. – Гродно : ГГАУ, 2009. -32 с.

Методические указания предназначены для студентов инженерно-технологического факультета. Приведены варианты заданий курсовой работы, изложены требования к оформлению. Даны пояснения наиболее важных теоретических положений по вопросам устойчивости линейных автоматических систем с обратной связью.

Рекомендовано методической комиссией инженерно-технологического факультета

« » 2009г.
Протокол №

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения	3
2. Тематика и варианты заданий	4
3. Объем и содержание курсовой работы	10
4. Методические рекомендации по выполнению и оформлению курсовой работы	11
4.1. Титульный лист.....	12
4.2. Задание на курсовую работу.....	13
4.3. Реферат.....	13
4.4. Содержание.....	13
4.5. Введение.....	14
4.6. Описание и анализ ТП как объекта автоматизации... ..	14
4.7. Выбор и обоснование датчиков.....	14
4.8. Описание структурной схемы САР заданного технологического процесса.....	15
4.9. Анализ САР.....	16
4.9.1. Передаточная функция САР.....	16
4.9.2. Анализ устойчивости системы.....	18
4.9.3. Качество управления системы.....	21
4.10. Безопасность жизнедеятельности.....	24
4.11. Заключение.....	24
4.12. Используемые источники информации.....	25
4.13. Брошюрование пояснительной записки.....	26
Список рекомендуемой литературы.....	27
Приложения	28

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью курсовой работы является ознакомление студентов с методикой выбора, расчета и анализа простых технических средств автоматизации технологических процессов (ТП).

Выполнение курсовой работы осуществляется под руководством преподавателей кафедры. Каждый студент получает индивидуальное задание по автоматизации конкретного технологического процесса.

При этом он должен выполнить:

- описание технологического процесса;
- обзор и анализ наиболее распространенных схем автоматизации заданного ТП;
- описать структурную схему автоматизации ТП и ее элементы;
- обосновать требования к датчику параметра САР;
- осуществить (если требуется по заданию) выбор датчика и других элементов схемы;
- выполнить анализ схемы автоматизации;
- разработать вопросы охраны труда и охраны окружающей среды согласно теме курсовой работы.

2. ТЕМАТИКА И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

В качестве темы курсовой работы студенту предлагается автоматизация технологического процесса хранения или переработки растительного (или животного) сырья.

Варианты заданий, соответствующие схеме САР (Рис 2.1), приведены в табл. 2.1-2.2.

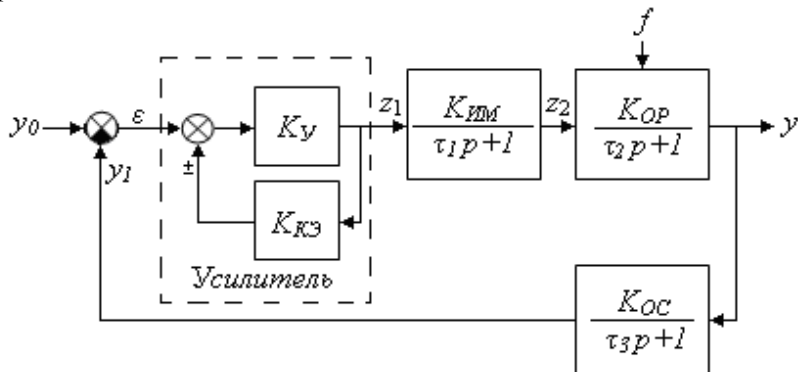


Рис.2.1. Структурная схема САР ТП:

y_0 – заданный параметр;

y – регулируемый параметр;

f – возмущающее воздействие;

K_U – коэффициент передачи (КП) усилительного звена;

$K_{КЭ}$ – КП корректирующего звена;

$K_{ИМ}$ – КП исполнительного механизма;

$K_{ОР}$ – КП объекта регулирования;

$K_{ОС}$ – КП обратной связи;

ε – рассогласование между y_0 и y_1 ;

z_1, z_2 – промежуточные значения сигналов;

τ_1, τ_2, τ_3 – постоянные времени.

Таблица 2.1. Варианты заданий по автоматизации процесса
измельчения зерна.

Скорость вращения рабочего органа - $y_0 = 250 \pm 5$ об/мин.

ОС – датчик угловой скорости - тахогенератор, $\tau_3 = 0$.

Вариант задания	Параметры звеньев (Рис. 2.1)					
	K_U	$\frac{K_{ИМ},}{с В}$ $\frac{кг}{с В}$	$\tau_1, с$	$\frac{K_{ОР},}{мин кг}$ $\frac{об с}{мин кг}$	$\tau_2, с$	$\frac{K_{ОС},}{об}$ $\frac{В мин}{об}$
1.01	10	1,4	0,5	20	0,9	1,0
1.02	10	1,2	0,5	20	1,0	1,0
1.03	10	1,0	0,5	20	1,1	1,0
1.04	10	0,8	0,5	20	0,9	1,0
1.05	10	0,6	0,5	20	1,0	1,0
1.06	12	1,4	0,5	20	1,1	1,0
1.07	12	1,2	0,5	20	0,9	1,0
1.08	12	1,0	0,5	20	1,0	1,0
1.09	12	0,8	0,5	20	1,1	1,0
1.10	12	0,6	0,5	20	0,9	1,0
1.11	14	1,4	0,6	22	1,0	0,8
1.12	14	1,2	0,6	22	1,1	0,8
1.13	14	1,0	0,6	22	0,9	0,8
1.14	14	0,8	0,6	22	1,0	0,8
1.15	14	0,6	0,6	22	1,1	0,8
1.16	16	1,4	0,6	22	0,9	0,8
1.17	16	1,2	0,6	22	1,0	0,8
1.18	16	1,0	0,6	22	1,1	0,8
1.19	16	0,8	0,6	22	0,9	0,8
1.20	16	0,6	0,6	22	1,0	0,8
1.21	18	1,4	0,7	24	1,1	0,9
1.22	18	1,2	0,7	24	0,9	0,9
1.23	18	1,0	0,7	24	1,0	0,9
1.24	18	0,8	0,7	24	1,1	0,9
1.25	18	0,6	0,7	24	0,9	0,9

Таблица 2.2. Варианты заданий по автоматизации
процесса пастеризации молока.

Заданная температура - $y_0 = 90 \pm 1^\circ\text{C}$;

ИМ-электропривод клапана подачи пара, $\tau_1 = 0$.

Вариант задания	Параметры звеньев (Рис. 2.1)					
	K_U	$\frac{K_{ИМ}}{\frac{\text{кг}}{\text{с В}}}$	$\frac{K_{ОР},}{\frac{^\circ\text{C с}}{\text{кг}}}$	$\tau_2, \text{с}$	$\frac{K_{ОС},}{\frac{\text{В}}{^\circ\text{C}}}$	$\tau_3, \text{с}$
2.01	90	0,9	1,8	20	0,08	4
2.02	90	1,0	1,8	20	0,09	4
2.03	90	1,1	1,8	20	0,1	5
2.04	100	0,9	1,8	20	0,08	5
2.05	100	1,0	1,8	20	0,09	6
2.06	100	1,1	1,8	20	0,1	6
2.07	110	0,9	1,8	20	0,08	4
2.08	110	1,0	1,8	20	0,09	4
2.09	110	1,1	1,8	20	0,1	5
2.10	90	0,9	2,0	20	0,08	5
2.11	90	1,0	2,0	25	0,09	6
2.12	90	1,1	2,0	25	0,1	6
2.13	100	0,9	2,0	25	0,08	4
2.14	100	1,0	2,0	25	0,09	4
2.15	100	1,1	2,0	25	0,1	5
2.16	110	0,9	2,0	25	0,08	5
2.17	110	1,0	2,0	25	0,09	6
2.18	110	1,1	2,0	25	0,1	6
2.19	90	0,9	1,9	25	0,08	4
2.20	90	1,0	1,9	25	0,09	4
2.21	90	1,1	1,9	30	0,1	5
2.22	100	0,9	1,9	30	0,08	5
2.23	100	1,0	1,9	30	0,09	6
2.24	100	1,1	1,9	30	0,1	6
2.25	90	0,9	1,9	30	0,08	4

Таблица 2.3. Варианты заданий по автоматизации процесса охлаждения (замораживания) продукта.

Заданная температура - $y_0 = -20 \pm 1^\circ\text{C}$;

ИМ - электропривод клапана подачи хладагента, $\tau_I = 0$.

Вариант задания	Параметры звеньев (Рис. 2.1)					
	K_Y	$\frac{K_{ИМ}}{с В}$	$\frac{K_{ОР},}{кГ} \frac{°C}{с}$	$\tau_2, с$	$\frac{K_{ОС},}{°C} \frac{В}{C}$	$\tau_3, с$
3.01	180	0,9	-0,05	10	0,8	1,0
3.02	200	1,0	-0,05	10	0,85	1,0
3.03	220	1,1	-0,05	10	0,9	1,2
3.04	180	0,9	-0,05	10	0,95	1,2
3.05	200	1,0	-0,05	10	0,8	1,0
3.06	220	1,1	-0,05	10	0,85	1,0
3.07	180	0,9	-0,05	10	0,9	1,2
3.08	200	1,0	-0,05	10	0,95	1,2
3.09	220	1,1	-0,05	10	0,8	1,0
3.10	180	0,9	-0,05	12	0,85	1,0
3.11	200	1,0	-0,06	12	0,9	1,2
3.12	220	1,1	-0,06	12	0,95	1,2
3.13	180	0,9	-0,06	12	0,8	1,0
3.14	200	1,0	-0,06	12	0,85	1,0
3.15	220	1,1	-0,06	12	0,9	1,2
3.16	180	0,9	-0,06	12	0,95	1,2
3.17	200	1,0	-0,06	12	0,8	1,0
3.18	220	1,1	-0,06	12	0,85	1,0
3.19	180	0,9	-0,06	14	0,9	1,2
3.20	200	1,0	-0,06	14	0,95	1,2
3.21	220	1,1	-0,07	14	0,8	1,0
3.22	180	0,9	-0,07	14	0,85	1,0
3.23	200	1,0	-0,07	14	0,9	1,2
3.24	220	1,1	-0,07	14	0,95	1,2
3.25	180	0,9	-0,07	14	0,8	1,0

Таблица 2.4. Варианты заданий по автоматизации процесса сушки продукта.

Заданная влажность продукта - $y_0 = 13 \pm 0,3 \%$.

ОС – емкостной датчик влажности, $\tau_3 = 0$.

Вариант задания	Параметры звеньев (Рис. 2.1)					
	K_Y	$\frac{K_{ИМБ}}{\frac{M^3}{c B}}$	$\tau_{1,c}$	$\frac{K_{ОБ}}{\frac{\% c}{M^3}}$	$\tau_{2,c}$	$\frac{K_{ОС}}{\frac{B}{\%}}$
4.01	150	0,04	0,2	0,5	50	0,4
4.02	150	0,04	0,3	0,6	50	0,4
4.03	160	0,04	0,4	0,5	50	0,4
4.04	160	0,04	0,5	0,6	50	0,5
4.05	170	0,05	0,6	0,5	50	0,5
4.06	170	0,05	0,2	0,6	50	0,5
4.07	180	0,05	0,3	0,5	50	0,6
4.08	180	0,05	0,4	0,6	50	0,6
4.09	190	0,06	0,5	0,5	50	0,6
4.10	190	0,06	0,6	0,6	50	0,4
4.11	150	0,06	0,2	0,5	50	0,4
4.12	150	0,06	0,3	0,6	50	0,4
4.13	160	0,04	0,4	0,5	50	0,5
4.14	160	0,04	0,5	0,6	50	0,5
4.15	170	0,04	0,6	0,5	50	0,5
4.16	170	0,04	0,2	0,6	50	0,6
4.17	180	0,05	0,3	0,5	50	0,6
4.18	180	0,05	0,4	0,6	50	0,6
4.19	190	0,05	0,5	0,5	50	0,4
4.20	190	0,05	0,6	0,6	50	0,4
4.21	150	0,06	0,2	0,5	50	0,4
4.22	150	0,06	0,3	0,6	50	0,5
4.23	160	0,06	0,4	0,5	50	0,5
4.24	160	0,06	0,5	0,6	50	0,5
4.25	170	0,05	0,6	0,5	50	0,6

Таблица 2.5. Варианты заданий по автоматизации процесса дозирования продукта.

Скорость поступления материала - $y_0 = 0,5 \pm 0,005$ кг/с.

ОС - весовой датчик расхода.

Вариант Задания	Параметры звеньев (Рис. 2.1)					
	K_Y	$\frac{K_{ИМБ}}{\text{кг } B}$ с	$\tau_{1, \text{с}}$	$K_{ОР}$	$\tau_{2, \text{с}}$	$\frac{K_{ОС},}{B \text{ с}}$ кг
5.01	45	0,1	0,5	0,8	0,9	0,3
5.02	45	0,1	0,6	0,9	0,9	0,4
5.03	50	0,1	0,5	1,0	0,9	0,5
5.04	50	0,1	0,6	1,1	1,0	0,3
5.05	55	0,1	0,5	1,2	1,0	0,4
5.06	55	0,1	0,6	1,3	1,0	0,5
5.07	60	0,1	0,5	1,4	1,1	0,3
5.08	60	0,1	0,6	0,8	1,1	0,4
5.09	65	0,1	0,5	0,9	1,1	0,5
5.10	65	0,1	0,6	1,0	0,9	0,3
5.11	45	0,15	0,5	1,1	0,9	0,4
5.12	45	0,15	0,6	1,2	0,9	0,5
5.13	50	0,15	0,5	1,3	1,0	0,3
5.14	50	0,15	0,6	1,4	1,0	0,4
5.15	55	0,15	0,5	0,8	1,0	0,5
5.16	55	0,15	0,6	0,9	1,1	0,3
5.17	60	0,15	0,5	1,0	1,1	0,4
5.18	60	0,15	0,6	1,1	1,1	0,5
5.19	65	0,15	0,5	1,2	0,9	0,3
5.20	65	0,15	0,6	1,3	0,9	0,4
5.21	45	0,2	0,5	1,4	0,9	0,5
5.22	45	0,2	0,6	1,4	1,0	0,3
5.23	50	0,2	0,5	0,8	1,0	0,4
5.24	50	0,2	0,6	0,9	1,0	0,5
5.25	55	0,2	0,5	1,0	1,1	0,3

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из пояснительной записки, где приводится описание ТП с указанием основных параметров, которые необходимо контролировать и регулировать. Анализируются условия протекания процесса, требования и обосновывается схема автоматизации.

Структура пояснительной записки должна быть следующей:

Титульный лист.

Задание на курсовую работу.

Реферат.

Содержание.

Введение.

1. Описание и анализ технологического процесса (согласно заданию).
2. Выбор (если требуется) и обоснование датчиков.
3. Описание структурной схемы автоматизации заданного технологического процесса.
4. Анализ САР.
5. Безопасность жизнедеятельности.

Заключение.

Использованные источники информации.

Рекомендуемый общий объем пояснительной записки не должен превышать 30 страниц рукописного или печатного текста формата А4.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата А4, снабженных рамками и штампами. Страницы нумеруются арабскими цифрами в правом нижнем углу. Листы должны иметь в рамках надписи (рис.4.1) с кодовым

обозначением, содержащим: код документа (03 -курсовая работа); код кафедры (М и ЭЖ - механизации и электрификации животноводства); код варианта задания (например – 2.15); код вида документа (ПЗ - пояснительная записка).

Пример кодового обозначения:

					<i>03. МиЭЖ. 2. 15. ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

Рис. 4.1.Рамка надписи листа.

Каждый раздел начинается на отдельном листе. Заголовки разделов пишутся (печатаются) прописными буквами, точка в конце заголовка не ставится. Расстояние между заголовком и текстом – 3 интервала (одна свободная строка). Между строками в тексте – 1,5 интервала. Переносы в заголовках не делаются. Нумерация разделов начинается после «Введения» (см. п. 3), и заканчивается до «Заключения». Нумеруются разделы арабскими цифрами с точками, как 1., 2. и так далее. Подразделы нумеруются в пределах данного раздела как: 1.1; 1.2; и так далее.

Если в тексте имеются перечисления, их следует нумеровать арабскими цифрами со скобками: 1); 2) и так далее.

Рисунки, диаграммы и графики обозначаются словом «Рис. » и нумеруются в пределах раздела, например: Рис. 2.1; Рис.2.2 и так далее. По тексту пояснительной записки рисунок помещается не ранее первой ссылки на него.

Название рисунка указывается над рисунком, а номер с наименованием «Рис. » помещается под рисунком.

Таблицы также нумеруются в пределах раздела, например: Таблица 1.1; Таблица 2.3 и так далее и помещаются в тексте не раньше первой ссылки на нее. При ссылке на таблицу в тексте, она обозначается словом «Табл.1.3». При переносе таблицы на следующую страницу переносятся заголовки колонок, а сверху пишут «Продолжение табл.1.3».

Формулы и уравнения выносятся из текста. Выше и ниже формулы должна быть одна свободная строка. Номер формулы пишется в скобках, арабскими цифрами и помещается в правом положении строки, где находится формула. После формулы ставится запятая, и дальше, с новой строки идет пояснение символов формулы, которое начинается со слова «где», например:

$$y = kx + b, \quad (4.1)$$

где x – переменная величина; k и b – постоянные величины.

Ссылки на источники информации записываются в конце фразы, в квадратных скобках, например: [3] или [1,4].

Ссылки на рисунки, таблицы, формулы производятся по их номерам, например: ...изображен на рис.2.3; (см. табл. 3.2); согласно формуле (4.1) и так далее.

4.1. Титульный лист

Титульный лист оформляется в соответствии единими требованиями (Приложение 1), и содержит сведения об учреждении образования, в котором выполнен работа, полное название темы, ФИО (полностью), место учебы автора и работы руководителя проекта, год и место (город) выполнения проекта и другие необходимые данные. Титульный лист является первым листом пояснительной записки.

4.2. Задание на курсовую работу

Курсовая работа выполняется по *индивидуальному* заданию (Приложение 2) преподавателя (руководителя курсовой работы). В задании указывается тема курсовой работы и конкретный вариант схемы заданного технологического процесса, срок защиты и график выполнения работы. Задание подписывается студентом и визируется преподавателем. При оформлении пояснительной записки, задание помещается в пояснительную записку после титульного листа в качестве второй страницы (как указано в п.3 настоящего пособия).

4.3. Реферат

Реферат (1...2с.) оформляется как отдельный раздел курсовой работы. В реферате приводятся следующие сведения:

- тема курсовой работы;
- ключевые слова (словосочетания): «Автоматизация, автоматизируемый технологический процесс, контролируемый параметр, наименование объекта регулирования и др.»;
- цель и задачи работы;
- краткое содержание разделов работы и результаты проектирования. Здесь с абзаца следует писать: «В первом разделе сделан анализ процесса ... ; Во втором разделе произведен выбор...; и так далее».

4.4. Содержание

Содержание должно включать все разделы и подразделы, начиная с введения и заканчивая приложениями, с указанием номера страницы (листа), где начинается раздел (подраздел). Нумерация и название разделов и подразделов содержания должны соответствовать нумерации и названиям разделов пояснительной записки.

4.5. Введение

Введение (1...2 с.) должно содержать обоснование необходимости автоматизации заданного технологического процесса с учетом важнейших направлений развития агропромышленного комплекса, актуальных проблем и задач, стоящих перед отраслью, а также современных тенденций развития технических средств для хранения и переработки растительного (животного) сырья, относящихся к теме работы.

Во введении необходимо обосновать актуальность темы работы и ее цель.

Целью курсовой работы является анализ системы автоматического регулирования технологического процесса (в соответствии с заданием). Формулировка цели приводится в конце введения.

4.6. Описание и анализ технологического процесса

В разделе (3...4 с.) должен быть сделан анализ существующих схем реализации заданного технологического процесса, отражена история и современные тенденции развития техники по данному направлению. Содержание раздела должно опираться на изученные источники литературы, на которые должны быть сделаны ссылки в тексте. На основании литературных данных необходимо обосновать необходимость автоматизации подобных процессов. В конце раздела должны быть поставлены *задачи* на выполнение курсовой работы.

4.7. Выбор и обоснование датчиков

В разделе (2...4с.) необходимо обосновать требования к датчику и, если требуется по заданию, выбрать датчик. Обычно, это делается в два этапа. Сначала, по виду контролируемого параметра и по условиям работы определяют разновидность датчика и обосновывают требования к его диапазону и точностным характеристикам – то есть к классу точности. Дальше, (если требуется по заданию) по справочнику или каталогу находят его типоразмер. При этом рекомендуется выбирать такой типоразмер датчика, чтобы регистрируемая величина находилась в пределах 0,3...0,7 диапазона его измерения. Необходимо также учитывать быстродействие и класс точности датчика.

Пример.

Необходимо стабилизировать температурный режим процесса. Диапазон регулирования 82...86 °С (допустимые отклонения $\pm 2^\circ\text{C}$).

Согласно заданию $y_0 = 84^\circ\text{C}$ (середина диапазона). Подбираем датчик с диапазоном $50 \dots 100^\circ\text{C}$ и классом точности 1,0, включенный по мостовой схеме.

В этом случае

$$y_0 = \frac{84 - 50}{100 - 50} 100\% = 68\%$$

от диапазона датчика. Это допустимо.

Погрешность датчика $\delta\% = 50 \cdot 1 / 100 = 0,5\%$, то есть меньше допустимого отклонения.

Если в данном примере применить датчик с диапазоном измерения $0 \dots 300^\circ\text{C}$ и того же класса точности, то относительная погрешность $\delta\% = 300 \cdot 1 / 100 = 3\%$, что превышает допустимое по технологии отклонение.

4.8. Описание структурной схемы автоматизации заданного технологического процесса

В этом разделе пояснительной записки следует описать каждый элемент структурной схемы САР (см. рис 2.1) с точки зрения его возможной физической реализации и применительно к заданному технологическому процессу.

4.9. Анализ САР

При написании данного раздела необходимо:

- определить передаточную функцию САР;
- проверить систему на устойчивость по двум критериям - Гурвица и Найквиста;
- оценить величину запаса устойчивости системы;
- оценить качество управления;

4.9.1. Передаточная функция САР

Передаточная функция САР с обратной связью определяет взаимосвязь между регулируемой величиной $y(t)$ и задающим воз-

действием y_0 . В операторной форме эта взаимосвязь описывается передаточной функцией $K(p)$.

$$K(p) = \frac{Y(p)}{Y_0(p)} = \frac{K_n(p)}{1 \pm K_{oc}(p)K_n(p)} = \frac{K_n(p)}{1 \pm K_p(p)}, \quad (4.2)$$

где $K_n(p)$ – передаточная функция прямой передачи системы;

$K_p(p)$ – передаточная функция разомкнутой системы;

$K_{oc}(p)$ – передаточная функция цепи обратной связи.

Знак «+» в знаменателе выражения (4.2) ставится при отрицательной обратной связи, при положительной ставится знак «-». Передаточная функция разомкнутой системы

$$K_p(p) = K_{oc}(p)K_n(p). \quad (4.3)$$

Если в системе имеются звенья, охваченные обратной связью, то их заменяют одним эквивалентным звеном согласно формуле (4.2). Так для усилителя, входящего в состав САР (рис 2.1), передаточная функция будет иметь вид

$$K_y(p) = \frac{K_y}{1 \pm K_y K_{кэ}}.$$

Определение коэффициента передачи корректирующего элемента усилителя

Во всех вариантах заданий отсутствуют значения коэффициента передачи корректирующего элемента $K_{кэ}$, включенного в цепь обратной связи усилителя. Не определен также характер обратной связи. В процессе выполнения задания необходимо их определить.

В качестве исходных данных здесь следует использовать ограничения по статической ошибке САР, заданные для каждого технологического процесса как $y_0 \pm \Delta_y$. При этом следует помнить, что по определению, статическая ошибка равна разности между установившимся значением контролируемого параметра $y_{уст}$ и его заданным значением y_0 , то есть

$$\Delta_y = y_{уст} - y_0.$$

Здесь также рекомендуется использовать связь между передаточной и переходной характеристиками линейной системы с постоянными параметрами, позволяющую утверждать что

$$K(0) = h(\infty).$$

Значение $h(\infty)$ характеризует состояние САУ в установившемся режиме, когда все переходные процессы заканчиваются. При $t \rightarrow \infty$ контролируемый параметр $y \rightarrow y_{уст}$. Предположив, что $p = 0$, выражение для передаточной функции САУ, изображенной на рис.4.2, после несложных преобразований можно привести к виду

$$K(0) = \frac{K_y K_{ИМ} K_{ОП}}{1 + K_{КЭ} K_y + K_{ОС} K_y K_{ИМ} K_{ОП}} = \frac{A}{K_{КЭ} K_y + B},$$

где $A = K_y K_{ИМ} K_{ОП}$, $B = 1 + K_{ОС} K_y K_{ИМ} K_{ОП}$, K_y – известные для каждого варианта параметры элементов САУ.

Если использовать испытательный сигнал в виде $y_0 I(t)$, то получим переходную характеристику также в виде $y_0 h(t)$. Тогда

$$y_{уст} = y_0 K(0) = y_0 h(\infty).$$

Но согласно заданию

$$y_0 - \Delta_y \leq y_{уст} \leq y_0 + \Delta_y \quad \text{или} \quad y_0 - \Delta_y \leq \frac{y_0 A}{K_{КЭ} K_y + B} \leq y_0 + \Delta_y.$$

В последнем неравенстве неизвестным является параметр $K_{КЭ}$, значения которого несложно определить из системы

$$(y_0 - \Delta_y) (K_{КЭ} K_y + B) \leq y_0 A;$$

$$(y_0 + \Delta y) (K_{KЭ} K_V + B) \geq y_0 A.$$

В результате решения системы могут получиться значения $K_{KЭ}$ как положительные, так и отрицательные. Знак «+» или «-» будет означать, соответственно, отрицательную или положительную обратную связь, которую необходимо использовать в усилителе. Этот знак необходимо сохранять при $K_{KЭ}$ в дальнейших преобразованиях. Величину $K_{KЭ}$ следует выбрать в интервале найденных значений $K_{KЭ \text{ мин}} < K_{KЭ} < K_{KЭ \text{ макс}}$, избегая крайних значений. Полученное значение $K_{KЭ}$ необходимо использовать в выражении (4.2) для передаточной функции САР.

После всех преобразований передаточная функция $K(p)$ должна быть приведена к виду

$$K(p) = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_{m-1} p + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n}, \quad (4.4)$$

где b, a – постоянные коэффициенты; m и n – целые числа.

4.9.2. Анализ устойчивости системы

Под *устойчивостью* системы понимают ее способность восстанавливать состояние равновесия после прекращения внешнего воздействия.

Для определения устойчивости САР существуют специальные признаки, называемые *критериями устойчивости*.

Алгебраический критерий (критерий Гурвица)

Данный критерий основан на анализе коэффициентов характеристического уравнения замкнутой САР

$$Q(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n. \quad (4.5)$$

Это уравнение получают из формулы (4.4), приравняв ее знаменатель нулю.

Согласно критерию Гурвица САР будет устойчива, если $a_0 > 0$ и все диагональные миноры определителя Гурвица больше нуля.

Определитель Гурвица, например, для характеристического уравнения 4-го порядка будет иметь вид:

$$\begin{array}{cccc} a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{array} \quad (4.6)$$

САР будет устойчива, если коэффициенты a_0 больше нуля и определители третьего и второго порядков также больше нуля:

$$\Delta_1 > 0; \quad \Delta_2 = \begin{array}{cc} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{array} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;$$

$$\begin{array}{ccc} a_1 & a_3 & 0 \\ \Delta_3 = a_0 & a_2 & a_4 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0; \quad \Delta_4 = \Delta_3 \cdot a_4 > 0. \\ 0 & a_1 & a_3 \end{array}$$

Частотный критерий (критерий Найквиста)

Этот критерий позволяет определить устойчивость замкнутой САР, используя амплитудно-фазовую характеристику (АФХ) разомкнутой САР. Согласно критерию Найквиста замкнутая САР будет устойчивая, если годограф АФХ разомкнутой системы на комплексной плоскости не охватывает точку с координатами $(-1, j0)$.

Порядок использования критерия Найквиста следующий. Сначала, путем формальной замены в выражении (4.3) оператора p на $j\omega$, получают выражение для АФХ разомкнутой САР в виде

$$K_p(j\omega) = K_{oc}(j\omega)K_n(j\omega). \quad (4.7)$$

Затем выражение (4.7) представляют в алгебраической форме, как

$$K_p(j\omega) = \operatorname{Re} \{K_p(j\omega)\} + j\operatorname{Im} \{K_p(j\omega)\} \quad (4.8)$$

После этого на комплексной плоскости, при изменении частоты ω от 0 до ∞ , строится годограф функции $K_p(j\omega)$.

Чтобы представить АФХ в алгебраической форме, необходимо числитель и знаменатель $K_p(j\omega)$ домножить на комплексное, сопряженное со знаменателем, число. В знаменателе получим вещественную функцию от частоты ω , а в числителе - функцию от ω , содержащую вещественную и мнимую части.

Для облегчения расчетов при построении годографа можно использовать приемы и правила, основанные на свойствах алгебраических преобразований, таких как:

- модуль дробного комплексного числа равен отношению модуля числителя к модулю знаменателя;
- модуль произведения равен произведению модулей;
- аргумент дробного комплексного числа равен разности аргументов числителя и знаменателя;
- аргумент произведения двух комплексных чисел равен сумме аргументов.

Определение запаса устойчивости системы

Наибольшее распространение для определения запаса устойчивости получил способ, основанный на использовании критерия Найквиста. Определяются две величины – запас устойчивости по амплитуде и запас устойчивости по фазе.

Запас устойчивости по амплитуде определяется как величина ΔK , на которую может возрасти модуль АЧХ разомкнутой системы, чтобы система оказалась на границе устойчивости.

Запас устойчивости по фазе равен величине угла $\Delta\varphi$, на которую должно измениться запаздывание по фазе, чтобы система оказалась на границе устойчивости.

Величины ΔK и $\Delta\varphi$ показаны на рис.4.2. Для получения значения $\Delta\varphi$ необходимо из центра координат провести дугу радиусом

$R = 1$ из точки $(-1; j0)$ до пересечения с линией годографа, как показано на рис.4.2.

4.9.3. Качество управления системы

Оценка качества САУ производится по показателям качества, к которым относятся:

- статическая ошибка;
- величина перерегулирования;
- время переходного процесса.

Для определения этих показателей необходимо знать переходную характеристику САУ. Ее находят по известной передаточной функции замкнутой системы, представленной в виде выражения (4.4), путем умножения изображения единичной функции на $K(p)$ и перехода от изображения переходной характеристики к ее оригиналу.

$$H(p) = I(p) \cdot K(p). \quad (4.9)$$

$$h(t) \leftarrow H(p), \quad (4.10)$$

где знак \leftarrow означает переход от изображения функции к ее оригиналу.

При нахождении оригинала необходимо так преобразовать числитель и знаменатель $H(p)$, чтобы получить формулу, подобную на одно из табличных изображений функций времени приведенных в Приложении 3, которые даны без учета постоянных коэффициентов.

В процессе проведения математических преобразований полученного выражения $H(p)$, его знаменатель, представляющий собой степенной полином, следует привести к виду

$$p(p^2 + bp + c) = p(p - p_1)(p - p_2), \quad (4.11)$$

где p_1 и p_2 – корни квадратного трехчлена, заключенного в скобки. При этом корни могут быть действительными или комплексными вида $p_{1,2} = \alpha \pm j\beta$. Такому случаю соответствуют изображения вре-

менных функций, содержащие в знаменателе сумму вида $[(p + \alpha)^2 + \beta^2]$, где $\alpha = b/2$, $\beta^2 = (b/2)^2 - c$.

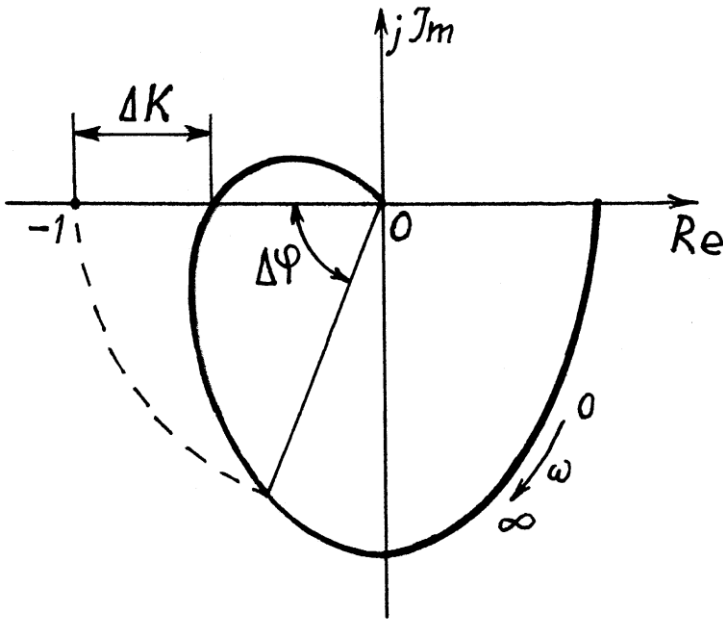


Рис.4.2. Годограф разомкнутой системы.

Затем строится график переходной характеристики, возможный вид которого приведен на рис 4.3. При этом, обычно, функции $h(t)$ присваивают размерность регулируемого параметра $y(t)$ путем умножения $h(t)$ на заданное значение параметра y_0 (без $\pm \Delta y$).

Определение статической ошибки

Статическая ошибка может быть абсолютная и относительная. *Абсолютная статическая ошибка* Δy определяется как разность между установившимся значением регулируемого параметра $y_{уст}$ и его заданным значением y_0 .

$$\Delta y = y_{уст} - y_0. \quad (4.12)$$

Относительная статическая ошибка δ_y равна отношению абсолютной статической ошибки к заданному значению параметра y_0 .

$$\delta_y = \frac{y_{уст} - y_0}{y_0} = \frac{\Delta_y}{y_0}. \quad (4.13)$$

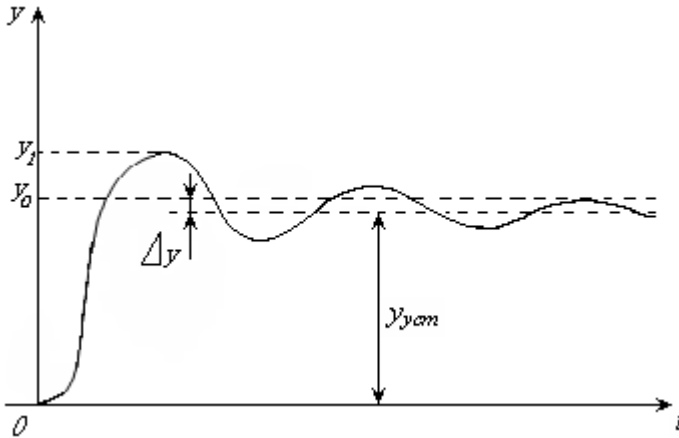


Рис.4.3. Переходная характеристика САР.

Величина перерегулирования

Этот показатель определяют как максимальную относительную динамическую ошибку из соотношения

$$\delta_{ДМАКС} = \frac{y_1 - y_0}{y_0} 100\%. \quad (4.14)$$

Время переходного процесса

Данный показатель характеризует быстрдействие САР, под которым понимают промежуток времени t_n от начала приложения внешнего воздействия до установления значения выходной величины $y(t)$ в пределах $y_0 \pm \Delta_d$, где Δ_d — допустимая динамическая ошибка.

4.10. Безопасность жизнедеятельности

В разделе (2...3 с.) приводятся сведения по организации охраны труда и безопасному использованию машин и оборудования в перерабатывающей отрасли. При этом необходимо сделать акцент на конкретной технологии, разрабатываемой в проекте. Особое внимание нужно уделить вопросам электробезопасности и безопасности использования машин и агрегатов, используемых в заданном технологическом процессе. Следует также показать роль автоматизации в вопросах охраны труда и охраны окружающей среды согласно теме курсовой работы.

4.11. Заключение

В заключении (1...2 с.) отражают решение основных задач работы, приводят результаты анализа САР и оценку качества регулирования.

В заключении необходимо привести выводы, подтверждающие достижение цели и реализацию задач работы. Здесь, в конкретизированном виде приводятся выводы, которые делаются в конце *каждого раздела* пояснительной записки.

По первому разделу делается вывод об особенностях технологического процесса и необходимости его автоматизации.

По второму разделу и третьему разделам даются краткая характеристика и особенности выбранных датчиков и кратко отмечаются особенности схемы САР.

По четвертому разделу приводятся результаты анализа САР. Приводятся числовые значения ошибок, определенные согласно выражениям 4.12 – 4.14 , и длительности переходного процесса САР.

По пятому разделу оценивается влияние автоматизации технологического процесса на условия труда работников, обслуживающих технологическое оборудование.

4.12. Используемые источники информации

Список используемой литературы должен содержать не менее 20 наименований, оформленных в соответствии с требованиями, источников, на которые сделаны ссылки в тексте записки. Их располагают в списке в порядке появления ссылок в тексте записки. Ссылки в тексте на источник делают в квадратных скобках, например: [1]. В случае если источник упоминается не однократно, необходимо указать номер страницы, на которых расположен используемый материал. Все данные о книге, брошюре или статье должны иметь установленную полноту элементов библиографического описания и установленные сокращения. Примеры записи использованных источников приведены в списке рекомендуемой литературы.

4.13. Брошюрование пояснительной записки

Пояснительная записка должна иметь обложку из плотного материала в виде типографского переплета или специальной папки, имеющейся в продаже. Для обложки записки допускается использование скоросшивателей.

Все листы записки, включая приложения, иллюстрации, выполненные на отдельных листах, нумеруют порядковыми номерами. Номер листа указывают в соответствующей графе основной надписи. Титульный лист считается первым, однако его номер не проставляется.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учебное пособие / Е. Б.Карпин, М. М. Солошенко, Л. А. Широков и др.; под редакцией Е.Б.Карпина. - М.: Пищевая промышленность, 1977.- 432с.
2. Ужанский,В.С. Автоматизация холодильных машин и установок / В.С.Ужанский.-М.: Пищевая промышленность, 1973.-296с.
3. Бородин,И.Ф. Автоматизация технологических процессов / Бородин И.Ф., Судник И.А.- М.: КолосС, 2004.- 344с.
4. Шабурова,Г.В. Практикум по оборудованию и автоматизации перерабатывающих производств / Шабурова Г.В., Зимняков В.М., Курочкин А.А. и др. - М.: КолосС, 2004. -183с.
5. Коломиец,А.П. Электропривод и электрооборудование / Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., и др. – М.: КолосС, 2006.- 328с.
6. Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике / Выгодский М.Я.- М.: Наука, 1977.- 872с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь
УО «Гродненский государственный аграрный университет»
Кафедра механизации и электрификации животноводства

РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе на тему:
Автоматизация процесса измельчения зерна

Работу выполнил:
студент 2 группы
4 курса ИТФ

Петров С.Г.

Работу принял:
доцент кафедры М и ЭЖ , к.т.н.

Иванов П.Е.

Гродно 2008

Приложение 2

УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механизации и электрификации животноводства

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине
«АВТОМАТИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ И АСУТП»
студенту инженерно-технологического факультета
ФИО студента

Тема: *Автоматизация процесса (наименование ТП).*

Вариант задания: (№ варианта) .

1. Срок сдачи студентом курсовой работы: _____
2. Исходные данные: см. Таблицу 2.1 – 2.5 Методических указаний.
3. Перечень подлежащих разработке вопросов:
 - описание технологического процесса;
 - обзор и анализ наиболее распространенных схем автоматизации заданного технологического процесса;
 - описать структурную схему САР ТП и ее элементы;
 - обосновать требования к датчику параметра САР;
 - определение величины и знака КП корректирующего звена усилителя, входящего в схему САР;
 - анализ САР;
 - охрана труда и охрана окружающей среды согласно теме курсовой работы.
4. Перечень графического материала:
 - годограф АФХ разомкнутой системы (формат А4);
 - переходная характеристика САР (формат А4).

Руководитель (Подпись)

Задание к исполнению принял (Подпись студента)

« » 200 г.

Приложение 3**Оригиналы и изображения некоторых функций**

$F(p)$	$f(t)$
1	$\delta(t)$
$1/p$	$1(t)$
$1/p^2$	t
$1/(p + \alpha)$	$e^{-\alpha t}$
$p/(p + \alpha)$	$1 - e^{-\alpha t}$
$e^{-\alpha p}/(p + \beta)$	$e^{-\beta(t-\alpha)}$
$1/[(p + \alpha)(p + \beta)]$	$(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})/(\beta - \alpha)$
$p/[(p + \alpha)(p + \beta)]$	$(\beta e^{-\beta t} + \alpha e^{-\alpha t})/(\beta + \alpha)$
$p/(p^2 + \alpha^2)$	$\cos \alpha t$
$(p + \alpha)/[(p + \alpha)^2 + \beta^2]$	$e^{-\alpha t} \cos \beta t$
$1/[p(p^2 + \alpha^2)]$	$(1 - \cos \alpha t)/\alpha^2$
$1/[(p + \alpha)^2 + \beta^2]$	$\beta^{-1} e^{-\alpha t} \sin \beta t$
$1/[p(p + \alpha)(p + \beta)]$	$[\alpha\beta(\alpha - \beta)]^{-1} \cdot [(\alpha - \beta) + \beta e^{-\alpha t} - \alpha e^{-\beta t}]$
$1/\{p[(p + \alpha)^2 + \beta^2]\}$	$(\alpha^2 + \beta^2)^{-1} [1 - e^{-\alpha t}(\cos \beta t + \alpha\beta^{-1} \sin \beta t)]$

