

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра автоматизации производственных процессов

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения специальности 220301
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», направлений 220400.62 «Управление в технических
системах» и 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Курган 2012

Кафедра автоматизации производственных процессов

Дисциплина: «Автоматизация технологических процессов и производств»

Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Б.Сбродов

Утверждены на заседании кафедры «03» июля 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета « 19 » октября 2012 г.

ВВЕДЕНИЕ

Позиционные (релейные) регуляторы являются одним из самых распространенных видов автоматических регуляторов в системах автоматического регулирования (САР) различными технологическими объектами. Это объясняется рядом их преимуществ: хорошее качество регулирования для объектов с малым запаздыванием, простота настройки и эксплуатации, надежность и т.д. Современная реализация позиционных регуляторов на базе микропроцессорной техники существенно повышает их функциональные, сервисные, надежность и другие характеристики, делает еще шире сферу их практического использования в машиностроительной, теплоэнергетической и других отраслях.

Целью настоящих методических указаний является изложение практических методов по проектированию и расчету параметров САР данного класса, а также здесь приведены задания для практических занятий по учебной дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств».

1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Позиционные регуляторы работают по принципу «включено-выключено» [1]. Их реализация осуществляется аппаратно - с помощью контактных и бесконтактных релейных элементов или программно - на базе микропроцессорных средств управления [2].

Позиционные регуляторы бывают двух-, трех- и многопозиционными. Наибольшее распространение на практике получили двухпозиционные автоматические регуляторы.

Двухпозиционные регуляторы ДР (рисунок 1) настраиваются таким образом, чтобы значения μ и ε отсчитывались в приращениях от условного равновесного состояния объекта регулирования, соответствующего расчетным значениям μ_0 и ε_0 , принятым за начало отсчета. При этом статическая характеристика двухпозиционного регулятора без зоны неоднозначности примет вид, представленный на рисунке 2 а, а с зоной неоднозначности - на рисунке 2 б. Применительно к двухпозиционным регуляторам границы зоны неоднозначности на статической характеристике (рисунок 2) принято обозначать $-a$ и $+a$. При этом ширина зоны неоднозначности (зоны возврата) будет равна $\Delta\varepsilon = 2a$.

Аналитически статическая характеристика двухпозиционного регулятора без зоны неоднозначности запишется в виде

$$\begin{cases} \mu = \mu_1 & \text{при } \varepsilon > 0 \\ \mu = -\mu_2 & \text{при } \varepsilon < 0 \end{cases} \quad (1)$$

а с зоной неоднозначности - в виде

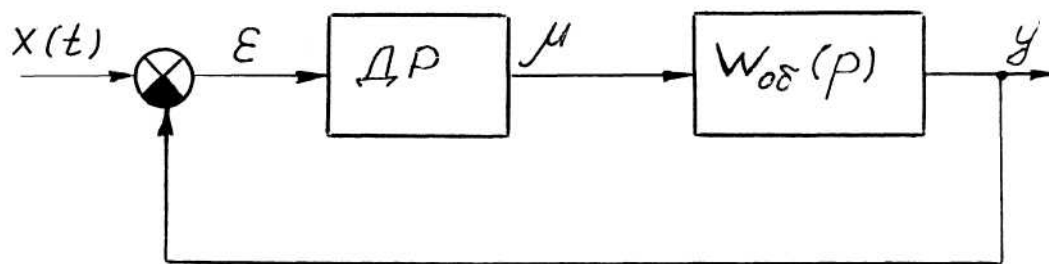


Рисунок 1 - Структурная схема САР с двухпозиционным регулятором

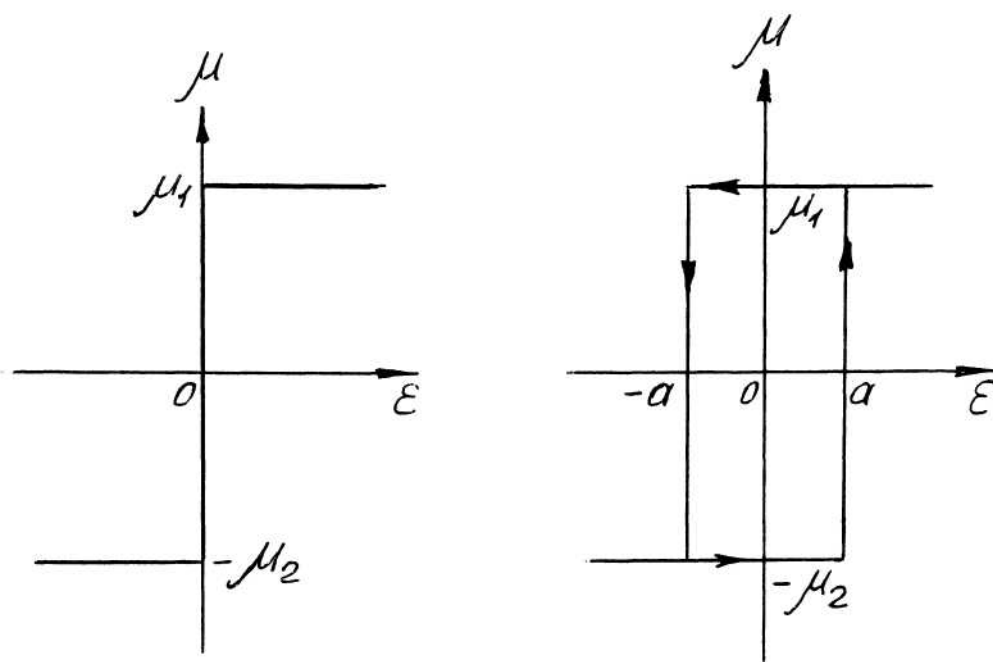


Рисунок 2 - Статические характеристики двухпозиционного регулятора

$$\begin{cases} \mu = \mu_1 & \text{при } \varepsilon \geq 0 \\ \mu = -\mu_2 & \text{при } \varepsilon \leq 0 \\ \mu = \mu_1 \text{ при } -a < \varepsilon < a \text{ и } \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \\ \mu = -\mu_2 \text{ при } -a < \varepsilon < a \text{ и } \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \end{cases} \quad (2)$$

Из (1) и (2), а также из рисунка 2 следует, что двухпозиционные регуляторы постоянно оказывают на объект регулирования воздействия, отличные от их значений, необходимых для равновесного состояния системы (при $\varepsilon = 0$). В результате САР с двухпозиционным регулятором будет работать в автоколебательном режиме в окрестностях ее равновесного состояния.

Если объект регулирования представляет собой интегрирующее звено с передаточной функцией

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{p}, \quad (3)$$

то при поступлении на вход объекта регулирующего воздействия $\mu = B$ регулируемая величина будет изменяться по линейному закону $y = K_{об} B t$.

Если на вход объекта от регулятора будет подано воздействие $\mu = -B$, то регулируемая величина будет изменяться в обратную сторону по линейному закону $y = -K_{об} B t$. При этом в замкнутой САР при релейной статической характеристике регулятора с зоной нечувствительности $2a$ в установившемся режиме возникнут устойчивые автоколебания (рисунок 3).

Если объект - апериодическое звено с передаточной функцией

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} p + 1}, \quad (4)$$

то при поступлении на вход объекта регулирующего воздействия $\mu = B$ регулируемая величина будет изменяться по экспоненциальному закону

$$y = K_{об} B (1 - e^{-t/T_{об}}).$$

Характер автоколебаний в замкнутой системе будет иметь вид, представленный на рисунке 4а. Диапазон автоколебаний равен зоне нечувствительности регулятора.

В общем случае регулятор может оказывать на объект в одну сторону воздействие $B1$, а в другую сторону - $B2$. При этом для объекта с передаточной функцией (4) автоколебания будут иметь вид, представленный на рисунке 4б.

Если объект представляет собой интегрирующее звено с запаздыванием

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{p} e^{-p\tau_{об}}, \quad (5)$$

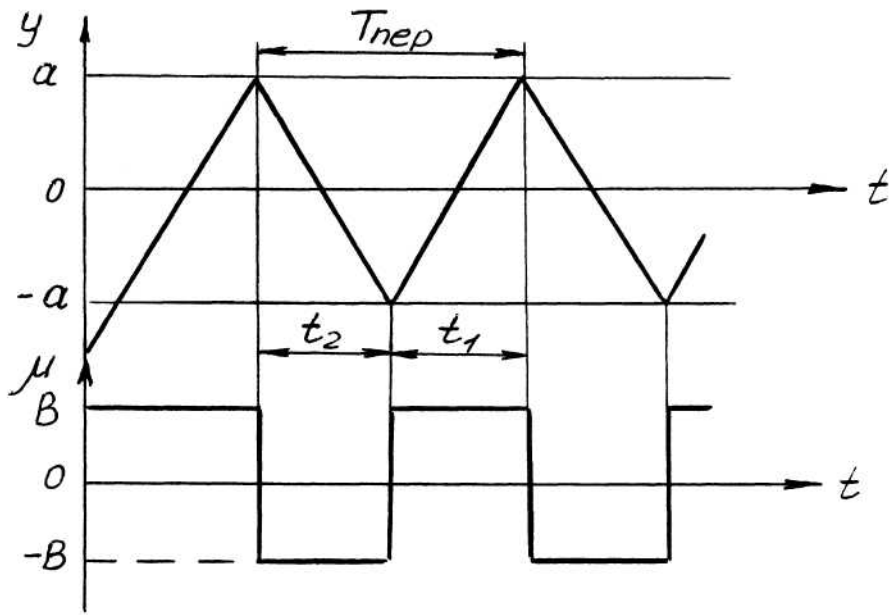


Рисунок 3 - Переходные характеристики в САР с двухпозиционным регулятором и объектом в виде интегрирующего звена

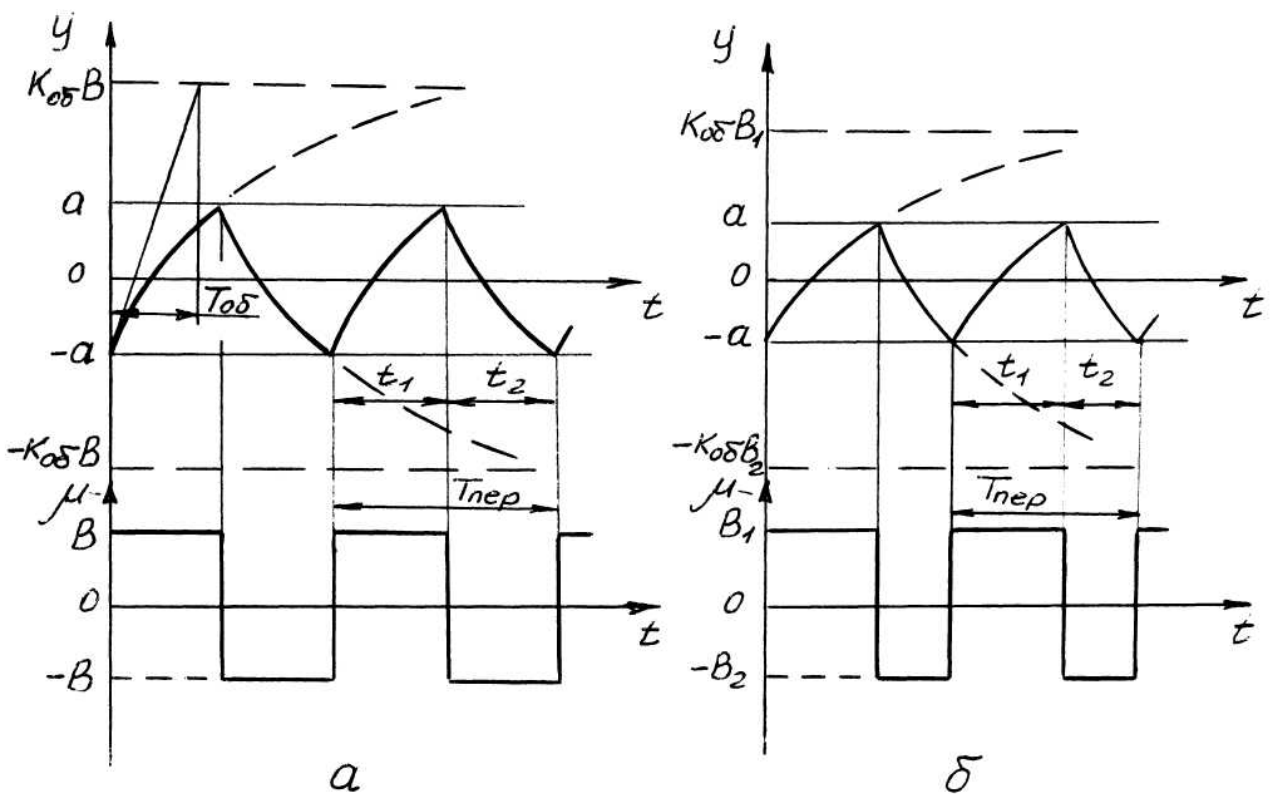


Рисунок 4 - Установившиеся автоколебания в системе с двухпозиционным регулятором и объектом в виде аperiodического звена

- а) при $B_1 = B_2 = B$ и $a \neq 0$;
- б) при $B_1 \neq B_2$ и $a \neq 0$

или аperiodическое звено с запаздыванием

$$W_{об}(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} \cdot p + 1} e^{-p\tau_{об}}, \quad (6)$$

где $K_{об}$ - коэффициент передачи объекта;

$T_{об}$ - постоянная времени объекта;

$\tau_{об}$ - время запаздывания,

то диапазон колебаний регулируемой величины будет больше зоны нечувствительности регулятора, так как регулятор будет реагировать на фактическое изменение регулируемой величины с запаздыванием $\tau_{об}$. При этом характер переходных процессов будет иметь вид, представленный на рисунке 5 и 6 соответственно.

Формулы для расчета длительности увеличения $t1$ и уменьшения $t2$ регулируемой величины, периода автоколебаний $T_{пер}$, частоты переключений n регулятора, положительной $y1$ и отрицательной $y2$ амплитуд отклонения регулируемой величины от заданного значения и диапазона Δu колебаний регулируемой величины приведены в литературе [1, с.344-345].

2 ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Задание №1 - САР уровня воды в резервуаре

САР осуществляет поддержание заданного уровня воды в резервуаре (рисунок 7). Вода из резервуара подается к потребителям с помощью насоса Н2, производительность (расход) которого $F_{от}$ не зависит от уровня воды в резервуаре. Заданный уровень равен $h_{зд}$. Насос Н1 подающий воду в резервуар, обеспечивает производительность $F_{зд.пр}$, равную $F_{зд.от}$, при числе оборотов $n_{зд}$ электродвигателя М1 меньшем номинального числа оборотов $n_{ном}$, т.е. $n_{зд} = K \cdot n_{ном}$ ($K < 1$ - коэффициент). Асинхронный электродвигатель М1 подключается к трехфазной сети с помощью магнитного пускателя КМ. Коэффициент передачи объекта регулирования равен $K_{об}$, а допустимое число включений электродвигателя М1 равно m . Исходные данные для каждого варианта приведены в таблице 1.

Требуется определить в абсолютных единицах, на каком расстоянии $h1$ и $h2$ требуется установить датчики уровня воды и каков будет диапазон Δh колебаний уровня относительно заданного уровня $h_{зд}$.

2.2 Задание №2 - САР уровня воды в резервуаре

Функциональная схема САР изображена на рисунке 7. Вода может подаваться к потребителям из резервуара двумя способами:

способ 1 - с помощью насоса Н2

способ 2 – самотеком.

Исходные данные (заданный уровень $h_{зд}$, значение коэффициента K в формуле для равновесного состояния $n_{зд} = K \cdot n_{ном}$) принимаются равными

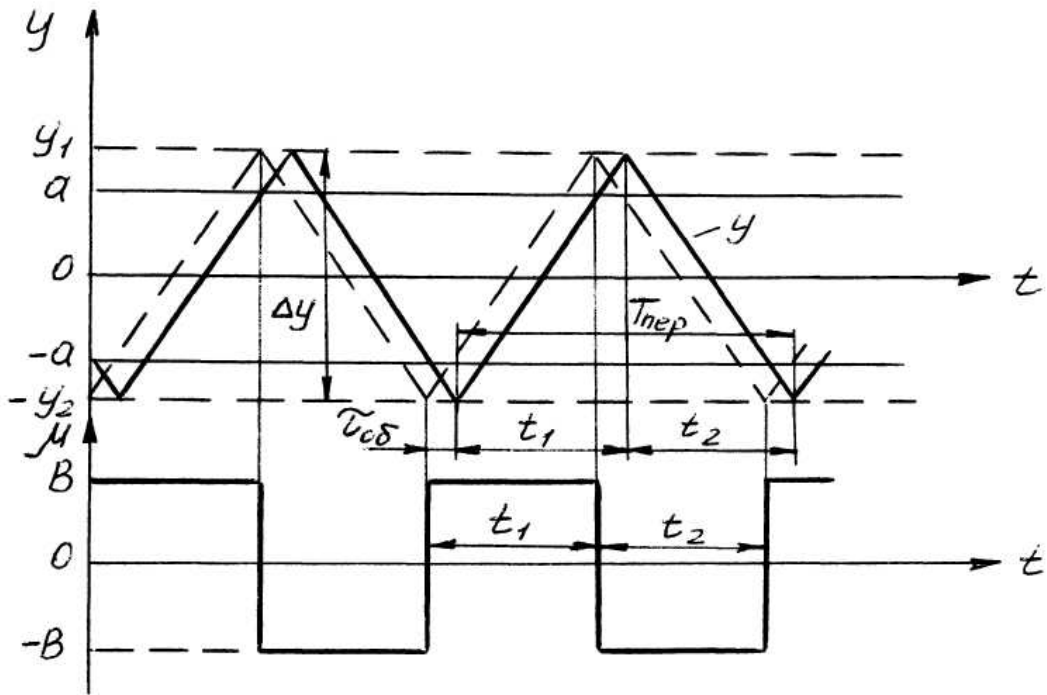


Рисунок 5 - Переходные процессы в САР с двухпозиционным регулятором и объектом в виде интегрирующего звена с запаздыванием

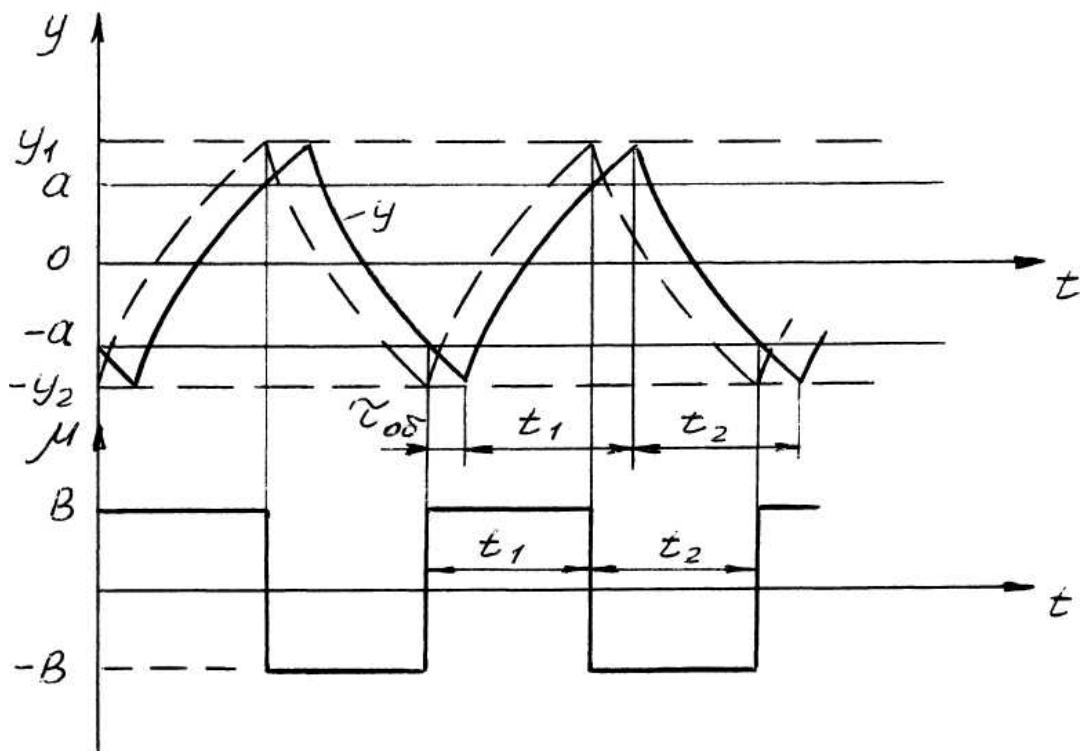


Рисунок 6 - Переходные процессы в САР с двухпозиционным регулятором и объектом в виде аperiodического звена с запаздыванием

аналогичным данным для задания №1 (см. таблицу 1). Значения коэффициента передачи объекта регулирования $K_{об}$ и постоянной времени $T_{об}$ приведены в таблице 2.

Необходимо определить параметры переходного процесса в системе: положительную h_1 и отрицательную h_2 амплитуду колебаний уровня, диапазон колебаний Δh , время увеличения t_1 и уменьшения t_2 уровня, период установившихся колебаний $T_{пер}$.

Построить в абсолютных единицах график переходного процесса в САР.

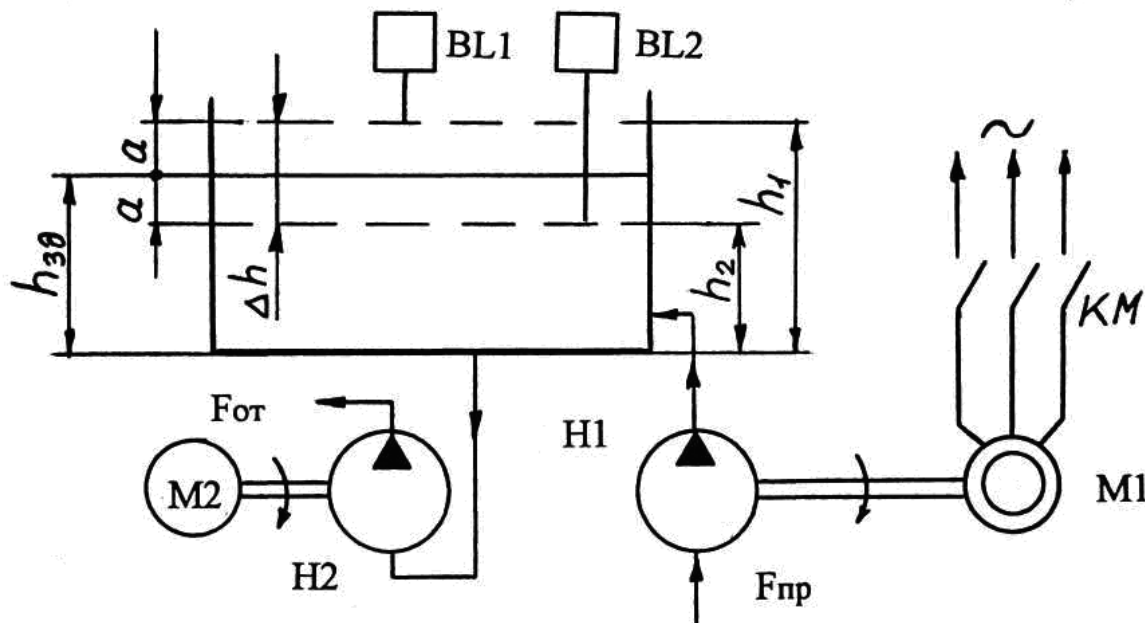


Рисунок 7 – Функциональная схема САР уровня воды в резервуаре

Таблица 1 – Исходные данные для задания №1

№ вари-анта	$h_{зд},$ м	K	t вкл/час	$K_{об*}$ $10^{-3},$ c^{-1}	№ вари-анта	$h_{зд},$ м	K	t вкл/час	$K_{об*}$ $10^{-3},$ c^{-1}
1	1,2	0,8	38	1,0	26	2,5	0,8	25	0,7
2	2,8	0,75	25	2,0	27	3,6	0,75	20	1,3
3	4,1	0,7	20	1,2	28	2,9	0,7	31	38
4	3,5	0,65	31	1,8	29	1,5	0,8	28	25
5	1,8	0,5	28	1,4	30	4,5	0,75	24	20
6	2,5	0,45	24	1,5	31	1,2	0,7	30	31
7	3,6	0,4	30	0,8	32	2,8	0,65	34	28
8	2,9	0,8	34	0,7	33	4,1	0,5	38	24
9	1,5	0,75	38	1,3	34	3,5	0,45	25	30
10	4,5	0,7	25	1,0	35	1,8	0,4	20	34
11	1,2	0,65	20	2,0	36	2,5	0,8	31	38
12	2,8	0,5	31	1,2	37	3,6	0,75	28	38

Продолжение таблицы 1

13	4,1	0,45	28	1,8	38	2,9	0,7	24	25
14	3,5	0,4	24	1,4	39	1,5	0,65	30	20
15	1,8	0,8	30	1,5	40	4,5	0,5	34	31
16	2,5	0,75	34	0,8	41	1,2	0,45	38	28
17	3,6	0,7	38	0,7	42	2,8	0,4	25	24
18	2,9	0,65	25	1,3	43	4,1	0,8	20	30
19	1,5	0,5	20	1,0	44	3,5	0,75	31	34
20	4,5	0,45	31	2,0	45	1,8	0,7	28	38
21	1,2	0,4	28	1,2	46	2,5	0,65	24	38
22	2,8	0,8	24	1,8	47	3,6	0,5	30	25
23	4,1	0,75	30	1,4	48	2,9	0,45	34	20
24	3,5	0,7	34	1,5	49	1,5	0,4	38	31
25	1,8	0,65	38	0,8	50	4,5	0,8	25	28

Таблица 1 – Исходные данные для задания №2

№ варианта	Способ подачи воды	$K_{об}$	$T_{об}, \text{мин}$	№ варианта	Способ подачи воды	$K_{об}, \text{мин}^{-1}$
1	2	1,2	20	26	1	0,1
2	2	1,0	25	27	1	0,03
3	2	1,5	30	28	1	0,05
4	2	0,8	18	29	1	0,09
5	2	1,3	15	30	1	0,06
6	2	0,7	22	31	1	0,04
7	2	0,6	35	32	1	0,07
8	2	1,4	20	33	1	0,1
9	2	1,2	25	34	1	0,03
10	2	1,0	30	35	1	0,05
11	2	1,5	18	36	1	0,09
12	2	0,8	15	37	1	0,06
13	2	1,3	22	38	1	0,04
14	2	0,7	35	39	1	0,07
15	2	0,6	20	40	1	0,1
16	2	1,4	25	41	1	0,03
17	2	1,2	30	42	1	0,05
18	2	1,0	18	43	1	0,09
19	2	1,5	15	44	1	0,06
20	2	0,8	22	45	1	0,04
21	2	1,3	35	46	1	0,07
22	2	0,7	20	47	1	0,1
23	2	0,6	25	48	1	0,03
24	2	1,4	30	49	1	0,05
25	2	1,2	18	50	1	0,09

2.3 Задание №3 - САР температуры электропечи

Функциональная схема САР температуры приведена на рисунке 8.

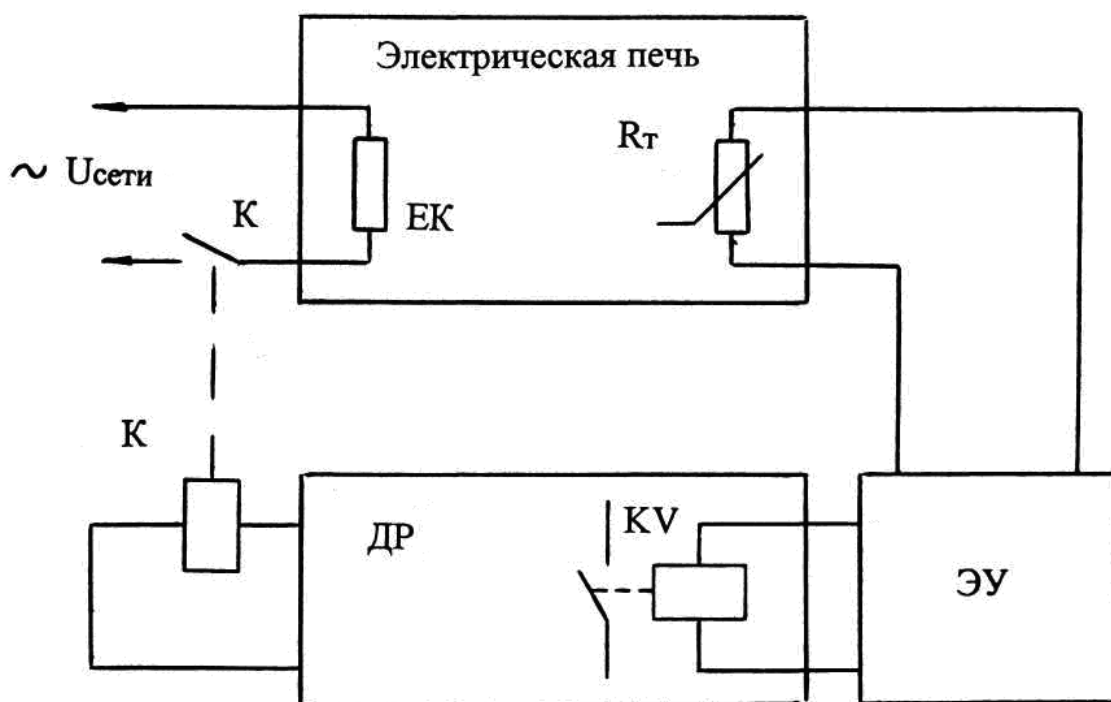


Рисунок 8 - Функциональная схема САР температуры электропечи

Нагревательный элемент EK подключается к питающей сети с напряжением $U_{сети}=220B$ через силовой контакт K электромагнитного контактора. Электрическое сопротивление нагревательного элемента равно R_{EK} . Заданное значение температуры равно $\theta_{зд}$. Сигнал с датчика температуры R_t усиливается электронным усилителем ЭУ , к выходу которого подключено реле KV . При срабатывании реле KV двухпозиционный регулятор $ДР$ отключает с помощью контактора K нагревательный элемент. Напряжение срабатывания реле KV равно $U_{сраб}$, а коэффициент возврата реле - K_v . Коэффициент передачи участка САР от объекта до входа электронного усилителя в абсолютных единицах ($B/^\circ C$) равен K_I . Объект регулирования - апериодическое звено с запаздыванием, передаточная функция которого задается выражением (6).

Численные значения исходных данных приведены в таблице 3.

Требуется:

- 1) определить характеристики переходного процесса в САР и построить в абсолютных единицах его график;
- 2) разработать для данной САР электрическую схему соединений, используя микропроцессорные регуляторы температуры серии ТРМ (см. приложение А).

Таблица 3 – Исходные данные для задания №3

№ ва- рианта	$\Theta_{зд},$ $^{\circ}C$	$Kв$	$Kl,$ $B/^{\circ}C$	$U_{сраб},$ B	$R_{ЕК},$ $Ом$	$Kоб,$ $с^{\circ}C/Джс$	$Tоб,$ $с$	$\tau_{об},$ $с$
1	250	0,80	3	48	1900	20	550	50
2	280	0,85	1	50	1900	24	800	60
3	300	0,75	2	24	2000	28	730	30
4	200	0,60	4	30	1800	18	610	40
5	250	0,82	1,5	42	1700	26	590	25
6	280	0,77	5	36	1900	22	780	50
7	300	0,80	3	48	1900	16	550	60
8	200	0,85	1	50	2000	20	800	30
9	250	0,75	2	24	1800	24	730	40
10	280	0,60	4	30	1700	28	610	25
11	300	0,82	1,5	42	1900	18	590	50
12	200	0,77	5	36	1900	26	780	60
13	250	0,80	3	48	2000	22	550	30
14	280	0,85	1	50	1800	16	800	40
15	300	0,75	2	24	1700	20	730	25
16	200	0,60	4	30	1900	24	610	50
17	250	0,82	1,5	42	1900	28	590	60
18	280	0,77	5	36	2000	18	780	30
19	300	0,80	3	48	1800	26	550	40
20	200	0,85	1	50	1700	22	800	25
21	250	0,75	2	24	1900	16	730	50
22	280	0,60	4	30	1900	20	610	60
23	300	0,82	1,5	42	2000	24	590	30
24	200	0,77	5	36	1800	28	780	40
25	250	0,80	3	48	1700	18	550	25
26	280	0,85	1	50	1900	26	800	50
27	300	0,75	2	24	1900	22	730	60
28	200	0,60	4	30	2000	16	610	30
29	250	0,82	1,5	42	1800	20	590	40
30	280	0,77	5	36	1700	24	780	25
31	300	0,80	3	48	1900	28	550	50
32	200	0,85	1	50	1900	18	800	60
33	250	0,75	2	24	2000	26	730	30
34	280	0,60	4	30	1800	22	610	40
35	300	0,82	1,5	42	1700	16	590	25
36	200	0,77	5	36	1900	20	780	50
37	250	0,80	3	48	1900	24	550	60
38	280	0,85	1	50	2000	28	800	30
39	300	0,75	2	24	1800	18	730	40
40	200	0,60	4	30	1700	26	610	25

Продолжение таблицы 3

41	250	0,82	1,5	42	1900	22	590	50
42	280	0,77	5	36	1900	16	780	60
43	300	0,80	3	48	2000	20	550	30
44	200	0,85	1	50	1800	24	800	40
45	250	0,75	2	24	1700	28	730	25
46	280	0,60	4	30	1900	18	610	50
47	300	0,82	1,5	42	1900	26	590	60
48	200	0,77	5	36	2000	22	780	30
49	250	0,80	3	48	1800	16	550	40
50	280	0,85	1	50	1700	20	800	25

3 РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ

3.1 Рекомендации к выполнению задания №1

Вначале определяют динамическую модель объекта регулирования.

По условиям задания производительности нагнетающего и отсасывающего насосов практически не зависят от уровня воды в резервуаре. Следовательно, объект в динамическом отношении может быть представлен интегрирующим звеном с передаточной функцией (3).

Далее определяют в относительных единицах регулирующие воздействия двухпозиционного регулятора при включении $B1$ и отключении $B2$:

$$B1 = \frac{\mu_{вкл} - \mu_{зд}}{\mu_{зд}}, \quad (7)$$

где $\mu_{вкл}$ - регулирующее воздействие регулятора в абсолютных единицах при включении;

$\mu_{зд}$ - регулирующее воздействие регулятора в абсолютных единицах, соответствующее заданному значению выходного параметра САР,

$$B2 = \frac{\mu_{выкл} - \mu_{зд}}{\mu_{зд}}, \quad (8)$$

где $\mu_{выкл}$ - регулирующее воздействие регулятора в абсолютных единицах при выключении.

Для объекта регулирования с передаточной функцией (3) число переключений n регулятора определяется выражением

$$n = \frac{K_{об} B_1 B_2}{a(B_1 + B_2)}, \quad (9)$$

где a - половина ширины зоны нечувствительности регулятора в относительных единицах.

Положительная $y1$ и отрицательная $y2$ амплитуда колебаний регулируемой величины относительно $y_{зд}$ равны половине ширины зоны нечувстви-

тельности регулятора

$$y1=y2=a.$$

Диапазон колебаний Δu регулируемой величины $\Delta u = 2a$.

Определив основные характеристики переходного процесса в относительных единицах, пересчитывают их в абсолютных единицах.

Пример выполнения задания №1 приведен в п 3.4.

3.2 Рекомендации к выполнению задания №2

В зависимости от способа подачи воды к потребителю определяют вид передаточной функции объекта регулирования.

Если вода подается самотеком (способ 2), то в этом случае расход воды зависит от уровня и в динамическом отношении объект является апериодическим звеном первого порядка с передаточной фикцией (4).

Регулирующие воздействия $B1$ и $B2$ определяют аналогично п.3.1.

Пример выполнения задания №2 приведен в п 3.5.

Используя приложение Б, необходимо дополнительно изучить принцип реализации подобных САУ на базе устройства регулирования уровня жидкости серии САУ фирмы ОБЕН.

3.3 Рекомендации к выполнению задания №3

Порядок выполнения задания №3 аналогичен порядку выполнения задания №2 (см.п. 3.2.). Регулирующее воздействие $\mu_{вкл}$ в абсолютных единицах определяется количеством тепловой энергии $Q_{вкл}$, выделяемой нагревательным элементом $Q_{вкл} = U^2_{сети} / R_{ЕК}$.

Количество тепловой энергии, необходимое для поддержания заданного значения температуры определяется выражением

$$Q_{зд} = \Theta_{зд} / K_{об}.$$

Зона нечувствительности регулятора в абсолютных единицах

$$2a = \frac{U_{сраб} - U_{отк}}{K1}$$

где $U_{отк}$ - напряжение отключения реле КВ. Пример выполнения аналогичного расчета приведен в п.3.6.

3.4 Пример решения задачи №1

Заданный уровень воды в резервуаре $h_{зд} = 5\text{мм}$.

Параметры системы: $n_{зд} = 0,5n_{ном}$, $K_{об} = 10^{-3}\text{с}^{-1}$, $m = 20\text{вкл./час}$.

Определим регулирующие воздействия B_1 регулятора в относительных единицах:

$$B_1 = \frac{n_{ном} - n_{зд}}{n_{зд}} = \frac{n_{ном} - 0,5n_{ном}}{0,5n_{ном}} = 1$$

Определим регулирующие воздействия B_2 регулятора в относительных единицах:

$$B_2 = \frac{0 - n_{зд}}{n_{зд}} = -1$$

Так как запаздывание в системе равно нулю, то при ограниченном числе включений электродвигателя регулятор должен иметь статическую характеристику с зоной нечувствительности, не равной нулю ($2a \neq 0$). Таким образом, параметры статической характеристики двухпозиционного регулятора следующие: $B_1 = |B_2| = B$ и $a \neq 0$.

Следовательно, процесс двухпозиционного регулирования объекта с передаточной функцией $W_{об}(p) = K_{об}/P$ необходимо рассчитывать по формулам в [1, п.1 таблицы 7.16].

Так как диапазон колебаний $\Delta y = \Delta h = 2a$, то из выражения для числа переключений n (9) находим:

$$\Delta h = 2a = \frac{K_{об}B}{n} = \frac{K_{об}B}{2m},$$

где $n = 2m$ – суммарное число включений и выключений регулятора.

Подставляя значения величин, находим диапазон колебаний уровня воды в резервуаре в относительных единицах:

$$\Delta h = \frac{10^{-3} \cdot 1 \cdot 3600}{2 \cdot 20} = 0,09.$$

Определяем диапазон колебаний уровня воды в резервуаре в абсолютных единицах:

$$\Delta h = 0,09 \cdot h_{зд} = 0,09 \cdot 5 = 0,45 \text{ м.}$$

Таким образом, датчики уровня в резервуаре должны быть установлены на отметках:

$$h_1 = h_{зд} - \frac{\Delta h}{2} = 5 - \frac{0,45}{2} = 4,775 \text{ м;}$$

$$h_2 = h_{зд} + \frac{\Delta h}{2} = 5 + \frac{0,45}{2} = 5,225 \text{ м.}$$

3.5 Пример решения задачи №2

Заданное значение уровня $h_{зд} = 5 \text{ м}$. Датчики уровня установлены на отметках $h_1 = 4,775 \text{ м}$ и $h_2 = 5,225 \text{ м}$. В равновесном состоянии $n_{зд} = 0,7n_{ном}$, коэффициент передачи объекта регулирования $K_{об} = 1$ и постоянная времени $T_{об} = 20 \text{ мин}$.

Аналогично предыдущему примеру определяем регулирующие воздействия регулятора в относительных единицах $B_1 = 0,43$ и $B_2 = -1$.

Определяем по формуле в [1, п.4 таблицы 7.16] время увеличения регулируемого параметра (уровня):

$$t_1 = T_{об} \ln \frac{K_{об} B_1 + a}{K_{об} B_1 - a} \quad (10)$$

Подставляем в формулу (10) исходные данные. При этом величина a , равная половине зоны нечувствительности, подставляется в относительных единицах:

$$t_1 = 20 \ln \frac{1 \cdot 0,43 + 0,045}{1 \cdot 0,43 - 0,045} = 4,15 \text{ мин.}$$

Определяем время уменьшения уровня воды в резервуаре:

$$t_2 = T_{об} \ln \frac{K_{об} B_2 + a}{K_{об} B_2 - a} \quad (11)$$

Подставляем в формулу (11) исходные данные. При этом значение параметра B_2 используется по модулю:

$$t_2 = 20 \ln \frac{1 \cdot 1 + 0,045}{1 \cdot 1 - 0,045} = 1,80 \text{ мин.}$$

Определяем период установившихся автоколебаний в САР:

$$T_{пер} = t_1 + t_2 = 4,15 + 1,80 = 5,95 \text{ мин.}$$

На основе рассчитанных данных можно построить график переходного процесса в системе.

3.6 Пример решения задачи №3

Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Исходные данные

№ п/п	Обозначение параметра	Значение параметра	№ п/п	Обозначение параметра	Значение параметра
1	$U_{сети}$	150В	6	$K_{об}$	$12 \frac{с \cdot ^\circ C}{Дж}$
2	$R_{ЕК}$	900 Ом	7	$T_{об}$	600с
3	$U_{сраб}$	41В	8	$\tau_{об}$	30с
4	K_B	0,7	9	$\theta_{зд}$	$200^\circ C$
5	K	$2 \frac{В}{^\circ C}$			

При включении регулятора количество энергии Q_1 в единицу времени, выделяемой нагревательным элементом:

$$Q_1 = U_{сети}^2 / R_{ЕК} = 150^2 / 900 = 25 \text{ Дж/с}$$

Найдем необходимое количество энергии для поддержания заданного значения температуры. В установившемся состоянии $\theta_{зд} = K_{об} Q_{зд}$. Следовательно

$$Q_{зд} = \theta_{зд} / K_{об} = 200 / 12 = 16,7 \text{ Дж/с}$$

Находим регулирующее воздействие регулятора в относительных единицах при его включении

$$B_1 = \frac{Q_1 - Q_{зд}}{Q_{зд}} = \frac{25 - 16,7}{16,7} = 0,5$$

и выключении

$$B_2 = \frac{-Q_{зд}}{Q_{зд}} = -1.$$

Определим зону нечувствительности регулятора

$$2a = \frac{U_{сраб} - K_B U_{сраб}}{K} = \frac{41 - 0,85 \cdot 41}{2} = 6^\circ\text{C}$$

или в относительных единицах

$$2a = \frac{6}{200} = 0,03.$$

Определим время увеличения температуры в электрической печи [1, п.11 таблицы 7.16]:

$$t_1 = \tau_{об} + T_{об} \ln \frac{K_{об} (B_1 + B_2) - (K_{об} B_2 - a) e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}}}{K_{об} B_1 - a} =$$

$$30 + 600 \ln \frac{1(1 + 0,5) - (1 \cdot 1 - 0,015) e^{-\frac{30}{600}}}{1 \cdot 0,5 - 0,015} = 119\text{c}$$

В данную формулу подставлен коэффициент передачи электропечи в относительных единицах $K_{об} = 1$.

Время уменьшения температуры

$$t_2 = \tau_{об} + T_{об} \ln \frac{K_{об} (B_1 + B_2) - (K_{об} B_1 - a) e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}}}{K_{об} B_2 - a} =$$

$$30 + 600 \ln \frac{1(1 + 0,5) - (1 \cdot 0,5 - 0,015) e^{-\frac{30}{600}}}{1 \cdot 1 - 0,015} = 59\text{c}$$

Период колебаний температуры

$$T_{пер} = t_1 + t_2 = 119 + 59 = 178\text{c}$$

Определим диапазон колебаний регулируемой величины в относительных единицах

$$\Delta y = K_{об} (B_1 + B_2) \left(1 - e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}} \right) + 2a e^{-\frac{\tau_{об}}{T_{об}}} =$$

$$1(0,5 + 1) \left(1 - e^{-\frac{30}{600}} \right) + 0,03 e^{-\frac{30}{600}} = 0,102$$

и в абсолютных единицах

$$\Delta y = \Delta \theta = 0,102 \cdot 200 = 20,4^\circ\text{C}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С.Клюева.- М.: Энергоатомиздат, 1989. -368 с.
- 2 www.owen.ru.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ТЕРМОРЕГУЛЯТОР ОВЕН ТРМ1

Терморегулятор ОВЕН ТРМ 1 предназначен для измерения, регистрации или регулирования температуры теплоносителей и различных сред в печах различного назначения, холодильной технике, сушильных шкафах и другом технологическом оборудовании, а также для измерения иных физических параметров (веса, давления, влажности и т. п.).

Регулятор обладает следующими функциональными возможностями:

1 Универсальный вход для подключения широкого спектра датчиков температуры, давления, влажности, расхода, уровня и т. п.

2 Вид регулирования:

- двухпозиционное регулирование;
- аналоговое П-регулирование.

3 Цифровая фильтрация и коррекция входного сигнала, масштабирование шкалы для аналогового входа.

4 Вычисление и индикация квадратного корня из измеряемой величины (например, для регулирования мгновенного расхода).

5 Выходного сигнал тока 4...20 мА для регистрации измеренной величины (модификация по типу выхода И).

6 Возможность управления трехфазной нагрузкой (модификация по типу выхода С3).

7 Импульсный источник питания 90...245В частотой 47...63Гц.

8 Встроенный источник питания 24В для активных датчиков, выходных аналоговых устройств (ЦАП) и др.

9 Программирование кнопками на лицевой панели прибора.

10 Сохранение настроек при отключении питания.

11 Защита настроек от несанкционированных изменений.

Функциональная схема терморегулятора ТРМ1 приведена на рисунке 9. Общая схема подключения регулятора приведена на рисунке 10.

Терморегулятор имеет один универсальный вход для подключения следующих измерительных датчиков:

- термопреобразователей сопротивления типа ТСМ или ТСР;
- термопар ТХК, ТХА, ТНН, ТЖК, ТПП и др.;
- активных датчиков с унифицированным сигналом тока 0...5 мА, 0(4)...20 мА или напряжения -50...+50 мВ, 0...1 В.

Логическое устройство (ЛУ) прибора может работать в одном из 3-х режимов:

- двухпозиционный регулятор (компаратор, устройство сравнения);
- аналоговый П-регулятор;
- регистратор.

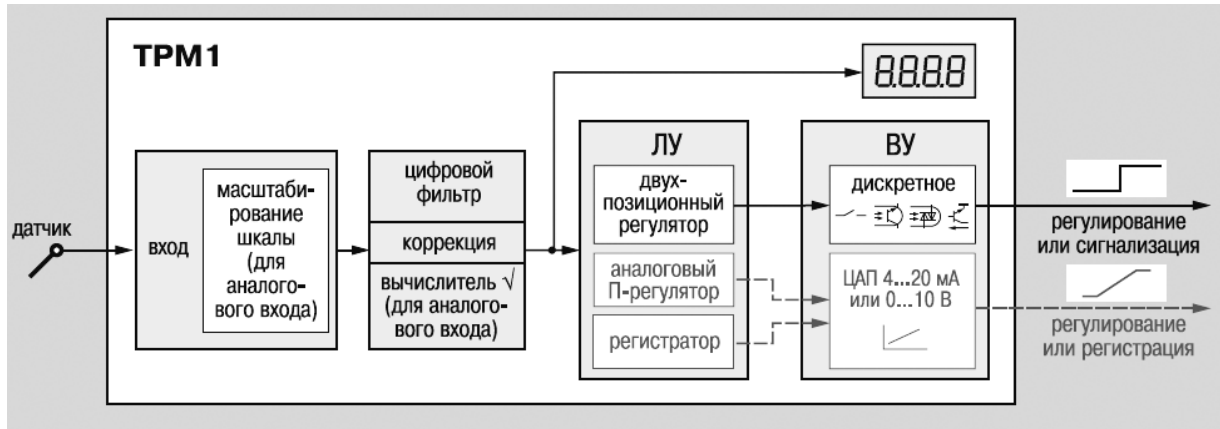


Рисунок 9 - Функциональная схема терморегулятора ТРМ1

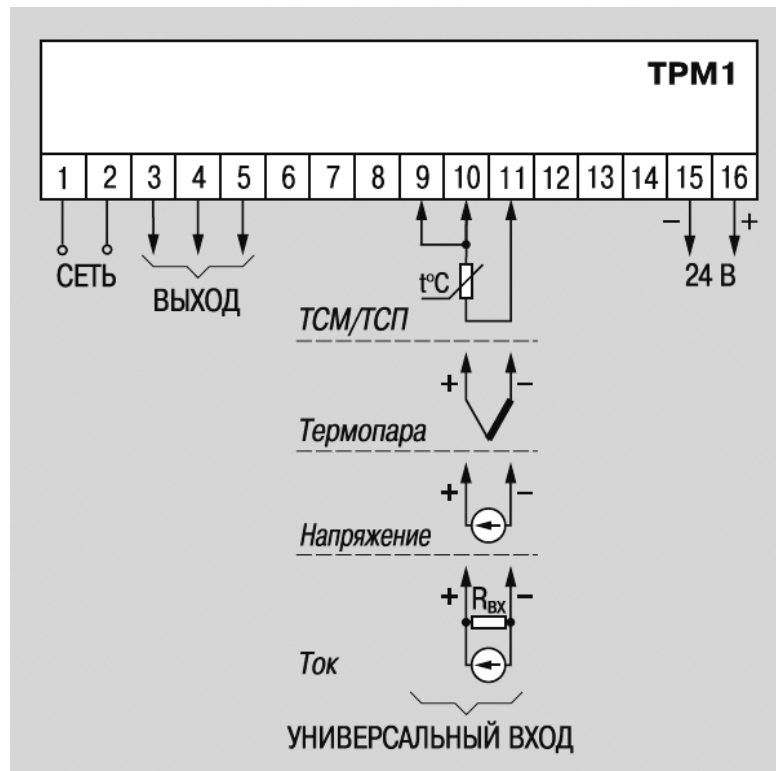


Рисунок 10 - Общая схема подключения регулятора

Режим работы ЛУ определяется типом установленного в приборе выходного устройства (ВУ).

В терморегулятор ТРМ1 может быть установлено одно из перечисленных ниже ВУ:

- ВУ дискретного типа – электромагнитное реле 8А, транзисторная или симисторная оптопара, выход для управления внешним твердотельным реле;
- цифроаналоговый преобразователь выходного сигнала ЛУ в ток 4...20

мА или напряжение 0...10В с питанием от внешнего источника.

Кроме того, прибор ОВЕН ТРМ1 имеет возможность управления трехфазной нагрузкой. Для этого в прибор устанавливается ВУ, представляющее собой три симисторных оптопары, имеющие схему контроля перехода через ноль.

Тип выходного устройства, установленного в терморегуляторе, выбирается пользователем при заказе.

Для работы ЛУ в режиме компаратора требуется выходное устройство дискретного типа (реле, транзисторный ключ, оптосимистор, выход для управления внешним твердотельным реле).

Для работы в режиме П-регулятора и измерителя-регистратора требуется цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) с выходным сигналом 4...20 мА или 0...10 В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР УРОВНЯ ЖИДКОСТИ ОВЕН САУ-М2

Регулятор САУ-М2 применяется в системах автоматического поддержания уровня жидкости в резервуарах, накопительных емкостях и других технологических установках, а также в системах автоматического осушения.

Регулятор обладает следующими функциональными возможностями:

- 1 Автоматическое заполнение резервуара до заданного уровня.
- 2 Автоматическое осушение резервуара до заданного уровня.
- 3 Защита погружного насоса от «сухого» хода
- 4 Подключение различных датчиков уровня (кондуктометрических, поплавковых).

5 Работа с различными по электропроводности жидкостями: водопроводной и загрязненной водой, молоком и пищевыми продуктами и пр.

Функциональная схема регулятора САУ-2М приведена на рисунке 11.

Когда уровень жидкости в резервуаре (баке) достигает до нижней отметки, на которой установлен длинный электрод датчика бака, резервуар автоматически заполняется до верхнего уровня, на котором установлен короткий электрод датчика бака.

К входам САУ-М2 подключаются два трехэлектродных кондуктометрических датчика:

датчик уровня жидкости в баке (заполняемой емкости);

датчик уровня жидкости в скважине (емкости, предназначенной для отбора жидкости).

Компараторы 1...4 сравнивают значение входного сигнала с опорным значением и выдают (в соответствии с условиями блока логики 1) сигнал на включение или выключение реле «НАСОС», к которому подключен электропривод насоса.

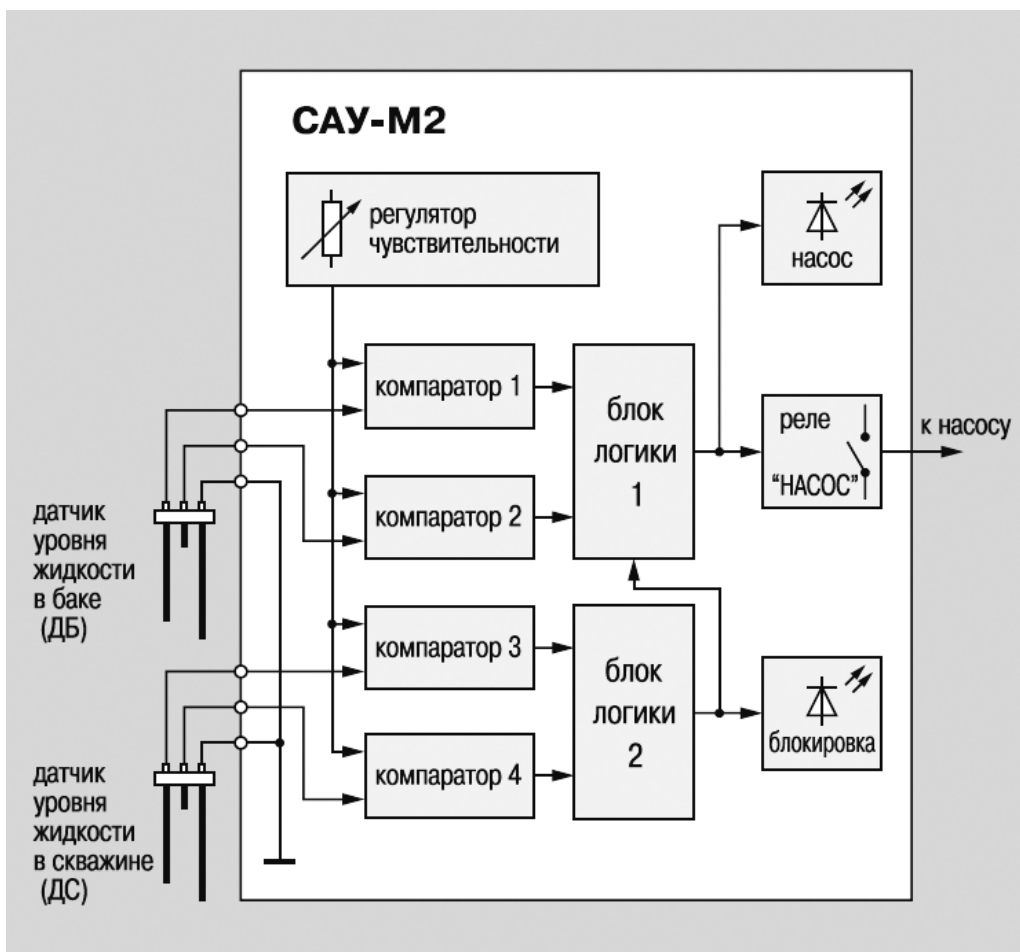


Рисунок 11 - Функциональная схема регулятора САУ-M2

Реле «НАСОС»:

включается при осушении электрода нижнего уровня (т. е. длинного электрода) датчика бака;

выключается при затоплении электрода верхнего уровня (т. е. короткого электрода) датчика бака.

При использовании регулятора САУ-M2 для осушения резервуара к входу прибора подключается только один датчик – уровня жидкости в скважине (емкости, предназначенной для отбора жидкости). Реле «НАСОС» выключается при осушении длинного электрода (т. е. электрода нижнего уровня) датчика.

САУ-M2 имеет регулятор чувствительности, позволяющий изменять уровень опорных сигналов компараторов. Вращением ручки регулятора на лицевой панели прибор легко настраивается для работы с различными по электропроводности жидкостями.

При осушении длинного электрода (т. е. электрода нижнего уровня) датчика скважины реле «НАСОС» выключается, что приводит к блокировке работы насоса. На лицевой панели прибора при этом включается светодиод «блокировка».

Временная диаграмма работы САУ уровня приведена на рисунке 12, а схема подключения регулятора – на рисунке 13.

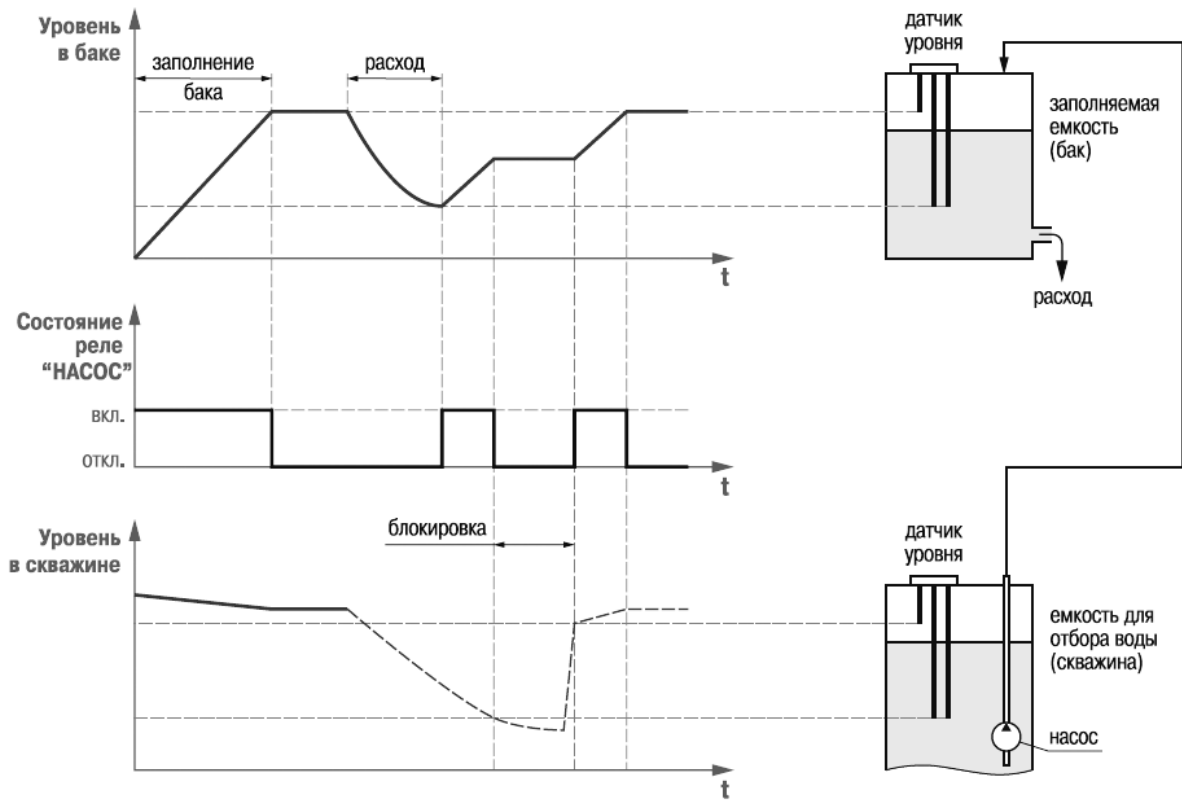


Рисунок 12 - Временная диаграмма работы САУ уровня

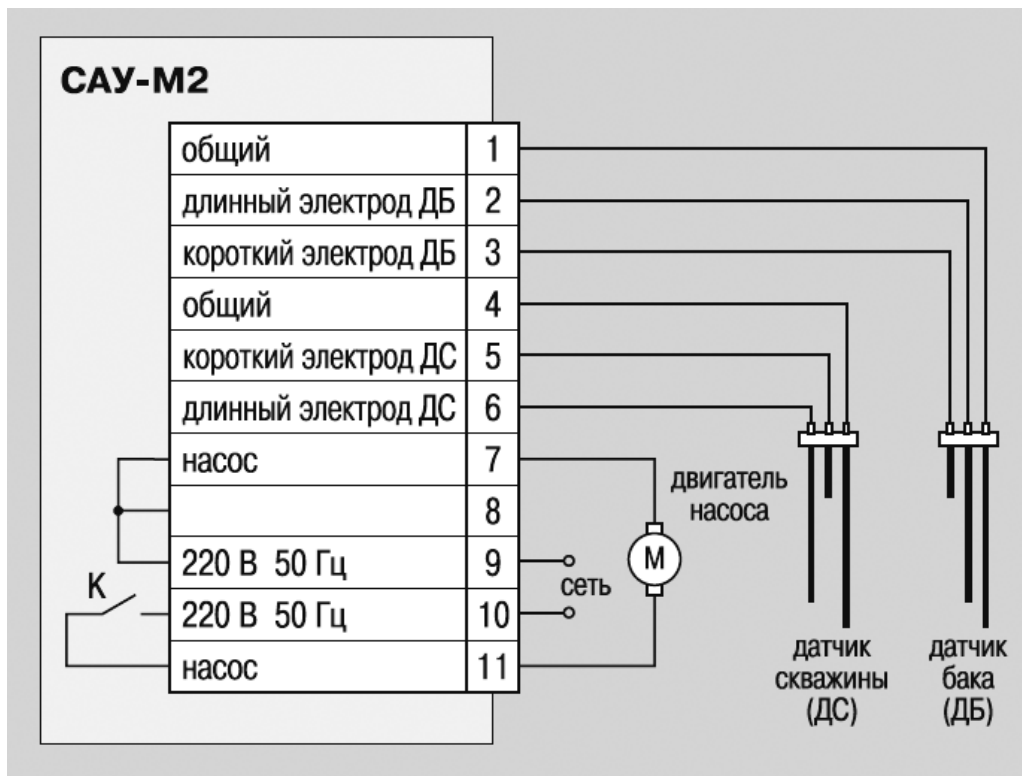


Рисунок 13 - Схема подключения регулятора САУ-М2 при использовании его для заполнения резервуара с помощью погружного насоса с защитой от «сухого» хода

Сбродов Николай Борисович

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХПОЗИЦИОННЫХ
СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
для студентов очной и заочной форм обучения специальности 220301
«Автоматизация технологических процессов и производств
(в машиностроении)», направлений 220400.62 «Управление в технических
системах» и 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и
производств»

Авторская редакция

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл.печ. л. 1,5	Уч.изд. л. 1,5
Заказ	Тираж 20	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25. Курганский государственный университет