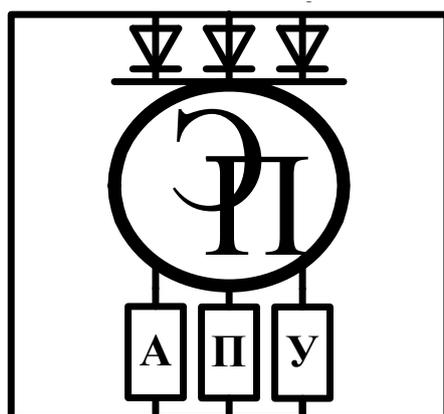


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В РОБОТОТЕХНИКЕ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для магистрантов направления подготовки
15.04.06 «Мехатроника и робототехника»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 629.113:004.65

ББК 39.33:32.973

И74

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок» «30» ноября 2022 г., протокол № 4

Составитель канд. техн. наук, доц. Л. Г. Черная

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

В методических рекомендациях к лабораторным работам для магистрантов направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» изложены особенности проведения обработки результатов научных экспериментов, разработки и отладки программ управления в SCADA-системах, исследования уровней полноты безопасности для обеспечения требуемой надежности системы в робототехнике.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Ответственный за выпуск

С. М. Фурманов

Корректор

Т. А. Рыжикова

Компьютерная верстка

Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование погрешностей измерительного канала	5
2 Лабораторная работа № 2. Разработка и отладка программ управления на языках программирования Техно-IL, FBD в SCADA-системах	12
3 Лабораторная работа № 3. Исследование уровней полноты безопасности для обеспечения требуемой надежности системы	18
4 Лабораторная работа № 4. Автопостроение базы каналов в SCADA-системе для обмена информацией	26
Список литературы	32

Введение

Лабораторные работы по дисциплине «Информационные системы в робототехнике» прививают магистрантам навык исследований, проводятся для изучения особенностей построения в информационных устройствах и системах мехатроники. Лабораторные работы выполняются с применением средств вычислительной техники и специализированного программного обеспечения SCADA Trace Mode.

В ходе выполнения лабораторных работ закладываются навыки научного анализа и обобщения результатов экспериментальных исследований с целью углубления и закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях.

Методические рекомендации соответствуют программе курса «Информационные системы в робототехнике». Они служат основой для самостоятельной подготовки и проведения лабораторных работ с последующим оформлением и анализом результатов и предусматривают изучение теоретического материала по учебной литературе, справочной литературе, веб-страницам сайтов интернета.

1 Лабораторная работа № 1. Исследование погрешностей измерительного канала

Цель работы: овладеть методикой определения основной погрешности измерительных каналов на примере аналогового вольтметра постоянного тока; получить навыки проведения многократных измерений и обработки полученных данных.

Задание

1 Оценить систематическую и случайную составляющие основной погрешности и суммарную погрешность.

2 Сравнить суммарную погрешность, полученную экспериментально, с нормируемым значением основной погрешности.

Описание экспериментальной лабораторной установки

Используемые приборы: комбинированный прибор (тестер) (исследуемый аналоговый вольтметр); вольтметр универсальный цифровой (эталонный вольтметр); источник регулируемого постоянного напряжения от 0 до 5 В.

Технические характеристики приборов представлены в таблице 1.1, схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики используемых вольтметров

Характеристика	Аналоговый вольтметр	Цифровой вольтметр
Верхние пределы измерения, В	10	10
Класс точности	2,5	0,04/0,02

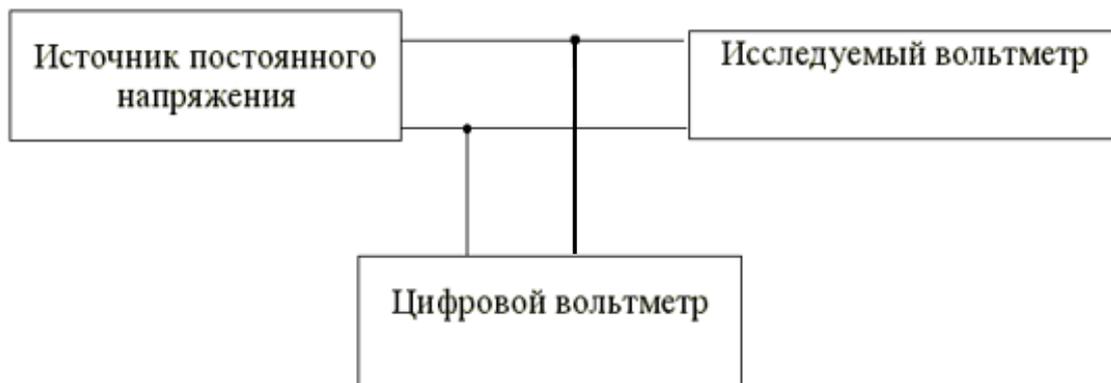


Рисунок 1.1 – Схема для исследования погрешностей вольтметра

Методические рекомендации по выполнению задания

Погрешность измерения – отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения. Погрешность измерения является характеристикой точности измерения.

Виды погрешностей измерительных устройств варьируются в зависимости от характера проявления при повторных применениях измерительных устройств (систематическая и случайная), от условий применения измерительных устройств (основная и дополнительная), от режима применения измерительных устройств (статическая и динамическая), от формы представления (абсолютная, относительная и приведенная), от значения измеряемой величины (аддитивная, мультипликативная, погрешность линейности и погрешность гистерезиса).

Систематические погрешности – это погрешности, вызываемые факторами, действующими систематически. Их можно обнаружить и измерить с помощью более точных приборов. Прибор, дающий систематическую погрешность, всегда завышает или всегда занижает свои показания, т. е. во всех измерениях значения абсолютной погрешности – это числа одного знака. Но по модулю она может быть от случая к случаю различной.

Случайные погрешности – результат несогласованного действия группы факторов, среди которых нет доминирующих по влиянию на общий результат.

Основной погрешностью средства измерений называют погрешность при использовании его в нормальных условиях.

Нормальными условиями применения средств измерений называют условия, при которых влияющие величины имеют номинальные значения или находятся в пределах нормальной области значений. Нормальные условия применения указываются в стандартах или технических условиях на средства измерений. При использовании средств измерений в нормальных условиях считают, что влияющие на них величины практически никак не изменяют их характеристики.

Дополнительной погрешностью измерительного преобразователя (или изменением показаний измерительного прибора) называют изменение его погрешности, вызванной отклонением одной из влияющих величин от ее нормативного значения или выходом ее за пределы нормальной области значений. Дополнительная погрешность может быть вызвана изменением сразу нескольких влияющих величин.

Дополнительная погрешность – это часть погрешности, которая добавляется (имеется в виду алгебраическое сложение) к основной в случаях, когда измерительное устройство применяется в рабочих условиях.

В зависимости от режима применения различают **статическую** и **динамическую** погрешности измерительных устройств.

По форме представления принято различать **абсолютную, относительную и приведенную** погрешности измерительных устройств.

Абсолютной погрешностью измерительного прибора Δ называют разность показаний прибора X_n и истинного (действительного) X_d значения измеряемой величины:

$$\Delta = X_n - X_d. \quad (1.1)$$

Действительное значение определяется с помощью образцового прибора или воспроизводится мерой.

Относительной погрешностью измерительного прибора называют отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к действительному значению измеряемой величины. Относительную погрешность выражают в процентах:

$$\Delta = \Delta 100 / X_d. \quad (1.2)$$

Так как $\Delta \ll X_d$ или X_n , то в выражении (1.2) вместо значения X_d может быть использовано значение X_n .

Приведенной погрешностью измерительного прибора называют отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к нормирующему значению X_K . Приведенную погрешность также выражают в процентах:

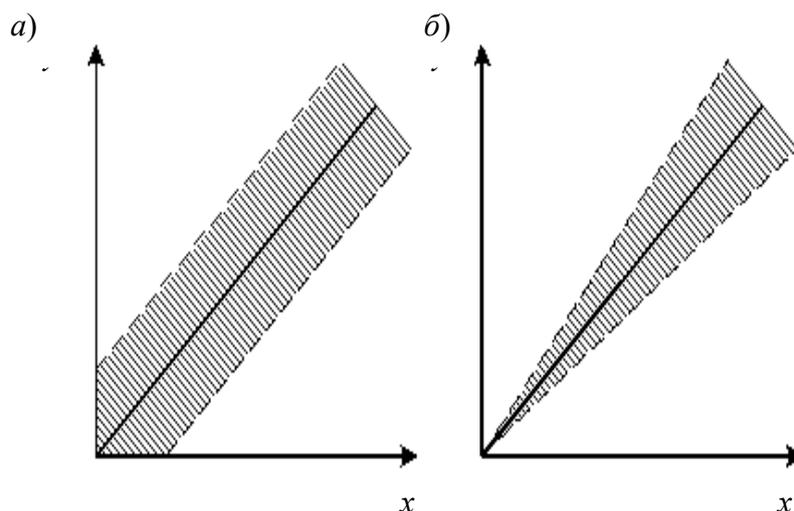
$$\gamma = \Delta 100 / X_K. \quad (1.3)$$

В качестве нормирующего значения используется верхний предел измерений, диапазон измерений.

Аддитивной (получаемой путем сложения) называют погрешность, которая остается постоянной при всех значениях измеряемой величины.

Аддитивная погрешность – погрешность измерения, при которой при всех значениях входной измеряемой величины X значения выходной величины Y изменяются на одну и ту же величину, большую или меньшую от номинального значения (рисунок 1.2, а).

Мультипликативной (получаемой путем умножения) называют погрешность, которая линейно возрастает (или убывает) с увеличением измеряемой величины (рисунок 1.2, б).



a – аддитивная; *б* – мультипликативная

Рисунок 1.2 – Погрешности измерения

1 Расчет основной погрешности вольтметров.

Для аналогового вольтметра основную погрешность нормируют в форме **предельно допустимой приведенной** погрешности числом γ , выраженным в процентах. Число γ , записанное без указания процентов, определяет класс точности такого вольтметра. Область значений допускаемой **основной абсолютной** погрешности такого прибора можно определить по формуле

$$\Delta = \frac{\pm\gamma}{100} \cdot U_K, \quad (1.4)$$

где U_K – значение установленного предела измерения.

Видно, что эта погрешность не зависит от значения измеряемого напряжения, т. к. имеет аддитивную составляющую.

Основную погрешность цифрового вольтметра нормируют в форме предельно допустимой **относительной** погрешности δ , %, по двучленной формуле

$$\delta = \pm \left[c + d \cdot \left(\frac{U_K}{U} - 1 \right) \right]. \quad (1.5)$$

Значения коэффициентов c , %, и d , %, записанные через косую черту (c/d), определяют класс точности цифрового вольтметра, например, $c/d = 0,04/0,02$ (общая погрешность – аддитивная и мультипликативная/аддитивная погрешность).

Допускаемую основную **абсолютную** погрешности цифрового вольтметра можно вычислить по формуле

$$\Delta = \pm \left(\frac{d \cdot U_K}{100} + \frac{c-d}{100} \cdot U \right), \quad (1.6)$$

где $U = [0, U_K]$.

Эта погрешность растет с увеличением измеряемого напряжения, т. е. имеет, кроме аддитивной, еще и мультипликативную составляющую.

2 Оценка систематической и случайной составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра.

Исследование провести для трех точек (по указанию преподавателя для каждого варианта задания) установленного на исследуемом вольтметре диапазона измерения 10 В – для трех значений напряжения ΔU_m , $m = 1, 2, 3$: $U_1 = 2$ В – в начале шкалы; $U_2 = 5$ В – в середине шкалы; $U_3 = 8$ В – в конце. По результатам измерений определить основную погрешность аналогового прибора ΔU_m .

Включить питание источника постоянного напряжения и цифрового вольтметра. Проверить установку нуля аналогового и цифрового вольтметров.

Установить требуемые пределы измерения U_K на обоих вольтметрах

Выбрать отметку на шкале исследуемого вольтметра, соответствующую значению напряжения U_m . Регулируя напряжение источника, установить показание, равное U_m , измерить действительное значение напряжения источника по показаниям эталонного вольтметра U_{mi} и записать в таблицу 1.2 (столбец 2). Всего выполнить n измерений действительных значений напряжения U_{li} , $i = 1, \dots, n$ ($n = 8$), каждый раз заново устанавливая показания исследуемого вольтметра на выбранную отметку шкалы.

Таблица 1.2 – Результаты измерений и расчета составляющих основной погрешности исследуемого вольтметра

Номер измерения	$U_m = B$			
	U_{mi}	Δ_{mi}	$\dot{\Delta}_{mi}$	$\dot{\Delta}_{mi}^2$
1	2	3	4	5
1				
2				
...				
i				
n				
Расчетное значение	$\widetilde{\Delta}_{cm} = \dots$ В			
	$\widetilde{\sigma}_m = \dots$ В			
	$P_{\text{дог}} = 0,9, n = , t =$			
	$\Delta_{\text{дог } m} = \pm \dots$ В			

Вычислить для каждого значения напряжения U_m следующие величины:

– отклонения действительного значения напряжения от значения напряжения, соответствующего выбранной отметке шкалы,

$$\Delta_{mi} = U_m - U_{mi}, m = 1, 2, 3, i = 1, \dots, n. \quad (1.7)$$

Записать их значения в столбец 3 таблицы 1.2, внизу каждого столбца поместить алгебраическую сумму $\sum_{i=1}^n \Delta_{mi}$;

– оценку систематической составляющей погрешности $\widetilde{\Delta}_{cm}$, вычислив ее значение как среднее значение погрешности $\widetilde{\Delta}_m$,

$$\widetilde{\Delta}_{cm} = \widetilde{\Delta}_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta_{mi}; \quad (1.8)$$

– случайные составляющие погрешности каждого измерения

$$\dot{\Delta}_{mi} = \Delta_{mi} - \widetilde{\Delta}_{cm} \quad (1.9)$$

и записать их значения в столбец 4 таблицы 1.2;

– оценку среднего квадратичного отклонения случайной составляющей погрешности (среднюю квадратичную погрешность) однократного измерения для трех выбранных отметок шкалы исследуемого вольтметра

$$\widetilde{\sigma}_m = \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \dot{\Delta}_{m1}^2 \right]^{1/2}, m = 1, 2, 3. \quad (1.10)$$

Для этого найти квадраты случайных составляющих $\dot{\Delta}_{m1}^2$, $m = 1, 2, 3$, $i = 1, \dots, n$. Полученные значения занести в столбец 5 таблицы 1.2. Найденные значения оценок $\widetilde{\sigma}_m$ внести в таблицу 1.2;

– доверительные интервалы случайной погрешности однократного измерения в предположении, что закон распределения этой случайной погрешности нормальный,

$$\Delta_{\text{до в } m} = t \cdot \widetilde{\sigma}_m, m = 1, 2, 3, \quad (1.11)$$

где t – коэффициент Стьюдента, значение которого зависит от заданного значения доверительной вероятности $P_{\text{до в}}$, числа параллельных измерений n , числа проведенных измерений m . Значение t вычисляется по числу степеней свободы f_{cm} :

$$f_{cm} = (n-1)m. \quad (1.12)$$

При обработке результатов простых технических измерений доверительную вероятность обычно выбирают в пределах $P_{\text{доп}} = 0,9$.

Значения t принять из таблицы 1.3 распределения Стьюдента.

Таблица 1.3 – Значение критерия Стьюдента t

f_{cm}	3	6	9	12	15	18	21	24	29	∞
t	3,18	2,45	2,26	2,18	2,13	2,1	2,08	2,06	2,04	1,96

3 Сравнение основной погрешности исследуемого вольтметра с ее нормированным значением.

Для выбранного напряжения U_m вычислить оценку суммарной основной абсолютной погрешности вольтметра как

$$\Delta U_m = \widetilde{\Delta}_{cm} \pm \Delta_{\text{доп } m}; m = 1, 2, 3. \quad (1.13)$$

Значения $\widetilde{\Delta}_{cm}$ и $\Delta_{\text{доп } m}$ взять из таблицы 1.2.

Или

$$\widetilde{\Delta}_{cm} - \Delta_{\text{доп } m} \leq \Delta U_m \leq \widetilde{\Delta}_{cm} + \Delta_{\text{доп } m}; m = 1, 2, 3. \quad (1.14)$$

Сделать вывод о соответствии погрешности, полученной экспериментально, нормируемой погрешности исследуемого прибора. Если экспериментальные оценки погрешности выходят за границы нормируемой погрешности, сделать вывод, какая из составляющих суммарной погрешности (случайная или систематическая) обуславливает этот выход.

Содержание отчета

- 1 Номер и наименование лабораторной работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Задание.
- 4 Схема подключения приборов.
- 5 Заполненные таблицы 1.1–1.3 с заголовками.
- 6 Расчетные формулы с пояснениями.
- 7 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Как оценить систематическую составляющую погрешности прибора?
- 2 Как оценить доверительный интервал случайной погрешности однократного измерения при заданной доверительной вероятности и нормальном законе распределения?
- 3 В каких случаях при определении доверительного интервала для случайной погрешности с нормальным законом распределения следует использовать распределение Стьюдента?
- 4 Как правильно представить результат измерения?
- 5 Перечислить основные нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- 6 Каким образом нормируют погрешности средств измерений?
- 7 Что такое класс точности средств измерений? Какие существуют способы задания класса точности?
- 8 Каким образом можно оценить абсолютную погрешность результата измерений, если известен класс точности используемого прибора?
- 9 Дать понятие аддитивной погрешности, мультипликативной погрешности.
- 10 Что обозначает c и d в погрешности цифрового прибора?

2 Лабораторная работа № 2. Разработка и отладка программ управления на языках программирования Техно-IL, FBD в SCADA-системах

Цель работы: изучить языки программирования SCADA-системы Trace Mode; получить навыки разработки управляющих программ в Trace Mode.

Задание

- 1 Создание и разработка FBD-программы.
- 2 Подключение FBD-программы к каналам.
- 3 Отладка FBD-программы.
- 4 Создание, разработка и подключение к системе Техно-IL программы функционального блока, который позволяет контролировать рассогласование значений двух первых входов и коммутировать на выход значение одного из этих входов по условию превышения рассогласованием значения третьего входа (значениями входов задаться произвольно).
- 5 Эмуляция работы программ.

Объект исследования

Установка для перемещения заготовок, заданное значение регулируемой переменной (перемещение регулирующего органа робота-манипулятора) $L = (45 \pm 0,1)$ мм; оптимальные настройки PID-регулятора: $KP = 2,0$, $KI = 0,5$, $KD = 1,0$.

Методические рекомендации по выполнению задания

Для подготовки и выполнения задания необходимо изучить урок № 3 в справочной системе Trace Mode.

1 Создание FBD-программы, реализующей PID-регулятор.

Программа позволяет вычислять рассогласование текущего значения основной технологической переменной и его заданного значения, формировать величину управляющего воздействия по PID-закону и ограничение этой величины заданными границами.

Чтобы создать FBD-программу, следует сначала указать, на каком узле она будет использоваться. Для этого нужно войти в режим редактирования базы каналов требуемого узла. Далее для перехода в окно редактирования FBD-программ надо выполнить команду FBD-программы из меню Окна.

При этом на экране появляется диалог FBD-программы. В этом диалоге можно выбрать FBD-программу для редактирования или создать новую, а также ввести и отредактировать комментарий к программе.

Для создания новой программы надо выполнить команду Создать из меню Программа диалога FBD-программы.

Присвоим новой программе имя PID и введем для нее комментарий, как показано на рисунке 2.1.

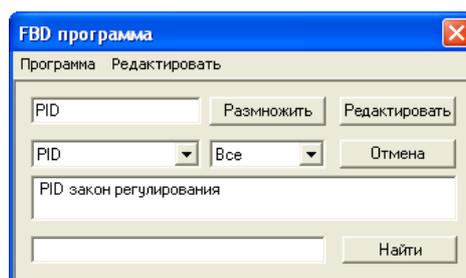


Рисунок 2.1 – Программа PID-регулятора

Для перехода к редактированию созданной FBD-программы следует нажать левую кнопку (ЛК) мыши на кнопке Редактировать.

Поскольку программа только что создана, рабочее поле редактора будет пустым. В нем будет только присутствовать диалог управления редактируемым меню FBD.

Далее в диалоге меню FBD необходимо войти в режим размещения новых блоков и выбрать все необходимые блоки для реализации PID-регулятора.

Теперь следует перейти в режим редактирования связей и связать входы и выходы размещенных блоков (рисунок 2.2).

В рабочем поле редактора будет присутствовать диалог управления редактированием меню FBD (см. рисунок 2.2).

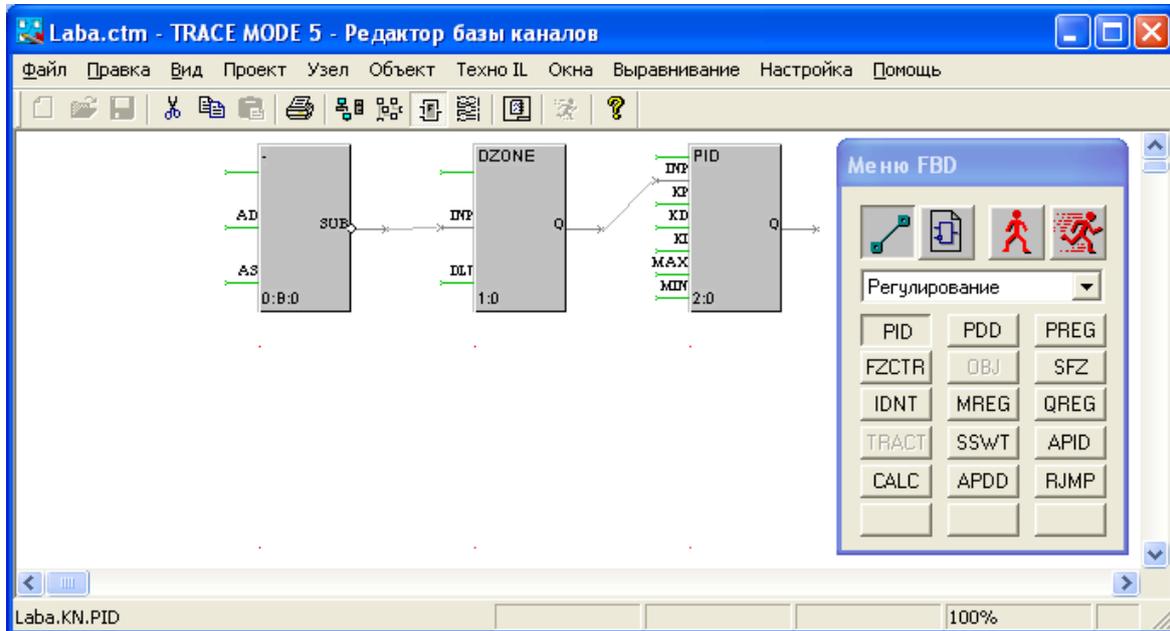


Рисунок 2.2 – Редактирование связей

Для соединения входа одного блока с выходом другого надо сначала выделить с помощью ЛК этот вход, затем снова нажать ЛК (при этом будет слышен звуковой сигнал) и, удерживая ее, переместить курсор в область второго конца связи. Для уничтожения связи следует выделить ее со стороны входа блока и нажать клавишу DEL.

Далее необходимо описать все внешние переменные данной программы и константы (рисунок 2.3).

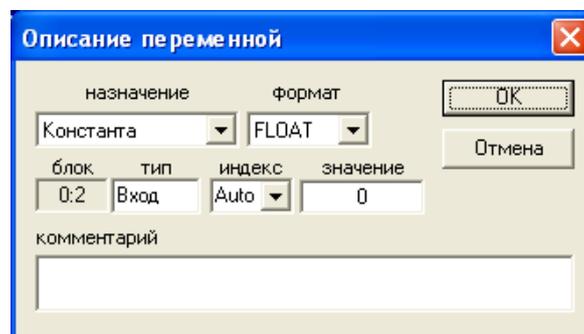


Рисунок 2.3 – Описание переменной

На этом разработка программы завершена. Теперь следует перейти в окно редактирования базы каналов узла для ее привязки к конкретным каналам. Алгоритм подключения FBD-программ к каналам узла рассмотрен в уроке № 3

справочной системы Trace Mode, в таблице 2.1 показаны обозначения входов/выходов PID-регулятора.

Таблица 2.1 – Обозначения входов/выходов PID-регулятора

Блок	Вход, выход	Тип	Комментарий
(-)	AD	Аргумент	Вход регулятора
(-)	AS	Аргумент	Задание регулятора
DZONE	DLT	Константа	Зона нечувствительности
	KP	Константа	Коэффициент при пропорциональной составляющей
	KD	Константа	Коэффициент при дифференциальной составляющей
	KI	Константа	Коэффициент при интегральной составляющей
LIMIT	MIN	Константа	Минимум управления
	MAX	Константа	Максимум управления
	Q	Аргумент	Выход регулятора

2 Создание Техно-IL программы.

Используя язык Техно-IL, можно создать собственный функциональный блок и подключить его к системе. Кроме того, Техно-IL позволяет разрабатывать метапрограммы, запускаемые параллельно с пересчетом базы каналов.

Чтобы создать программу на Техно-IL, надо выполнить команду Создать из меню Техно-IL редактора базы каналов.

При этом на экране появится следующее диалоговое окно (рисунок 2.4).

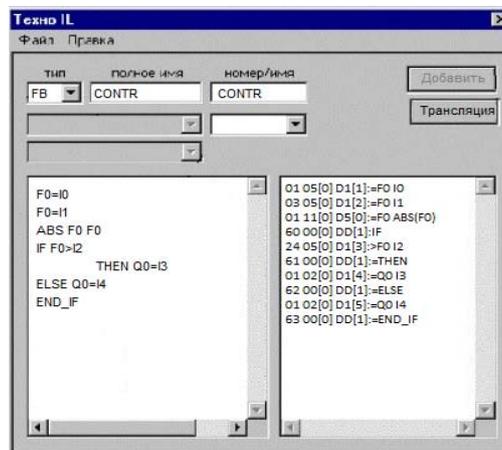


Рисунок 2.4 – Диалоговое окно Техно-IL программы

Рассмотрим пример создания программы для функционального блока, который позволяет контролировать рассогласование значений двух первых входов и коммутировать на выход значение четвертого входа по условию превышения рассогласованием по модулю значения третьего входа (иначе – значения пятого входа).

Синтаксис языка Техно IL подробно описан в уроке № 3 справочной системы Trace Mode, посвященной встроенным языкам разработки алгоритмов.

Оставим тип заданным по умолчанию – **FB** (функциональный блок). При своем программе имя **CONTR** в качестве как основного, так и дополнительного. Далее введем в левом окне текст программы, как показано на рисунке 2.4.

Чтобы проверить синтаксис программы, выполним команду **Дамп** из меню **Правка** этого диалога. Результат проверки выводится в правом окне.

Если сообщений об ошибках нет, то программу можно подключать к системе. Но сначала ее надо транслировать. Это реализуется нажатием ЛК на кнопке **Трансляция**. Если трансляция прошла успешно, то в правом окне появится надпись **ОК**. Теперь для подключения программы надо нажать ЛК на кнопке **Добавить**.

Если теперь перейти в окно редактирования FBD-программ и в диалоге меню FBD выбрать раздел **Техно ИЛ_1**, то в нем будет присутствовать только что созданный блок (рисунок 2.5).

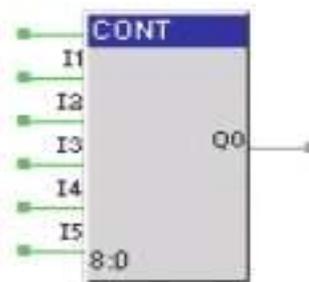


Рисунок 2.5 – Блок программной реализации FBD

Вид меню FBD-программы показан на рисунке 2.6.



Рисунок 2.6 – Меню FBD-программы

На рисунке 2.7 представлен пример алгоритма управления для работы программы, на рисунке 2.8 – реализация программы Техно-ИЛ в режиме эмуляции.

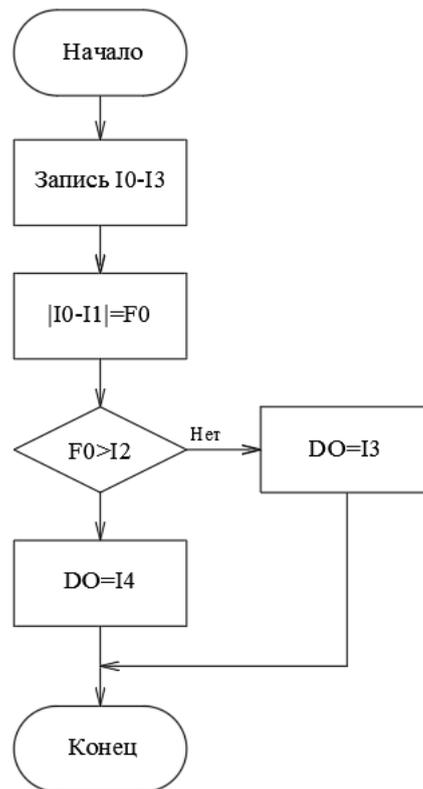


Рисунок 2.7 – Алгоритм работы программы на Техно-IL

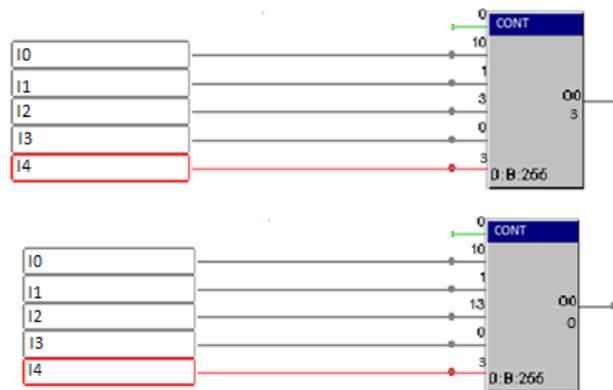


Рисунок 2.8 – Реализация программы Техно-IL в режиме эмуляции

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание.
- 3 Структура FBD-программы.
- 4 Алгоритм управления для разработки и подключения к системе Техно-IL-программы.
- 5 Диалоговые окна с пояснениями хода выполнения лабораторной работы.
- 6 Реализация работы Техно-IL-программы с заданными значениями I0, I1, I2, I3, I4 в режиме эмуляции.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение языка программирования Техно-FBD?
- 2 Как реализован PID-регулятор на базе FBD-программы?
- 3 Перечислить назначение всех входов PID-регулятора FBD-программы.
- 4 Перечислить назначение всех выходов PID-регулятора FBD-программы.
- 5 В чем особенность модуля адаптивного APID-регулятора?
- 6 Каково назначение языка программирования Техно-IL?
- 7 Как проводится реализация программы Техно-IL в режиме эмуляции?

3 Лабораторная работа № 3. Исследование уровней полноты безопасности для обеспечения требуемой надежности системы

Цель работы: овладеть навыками определения показателей безопасности.

Задание

- 1 Определить безопасность информационно-управляющей системы в робототехнике, т. е. вероятность опасного отказа резервируемой системы PED.
- 2 Повысить безопасность информационно-управляющей системы в робототехнике, применяя различные виды резервирования; определить вероятность опасного отказа резервируемой системы PED.

Объекты исследования

1 **Резервуар**, в который подается по трубе через клапан мехатронной системы V1 некоторое количество жидкости (рисунок 3.1), снабжен датчиком давления S1. При превышении заданного давления должен сработать отсечной клапан и перекрыть подачу жидкости в резервуар. Для обработки сигнала от датчика и выдачи сигнала срабатывания на клапан мехатронной системы применяется программируемый логический контроллер ПЛК (PLC).

Для датчика давления и клапана мехатронной системы имеем вероятность отказа $PFD = 10^{-3}$. Считается для данной системы, что PLC абсолютно надежный и его влияние на безопасность системы учитывать нет необходимости.

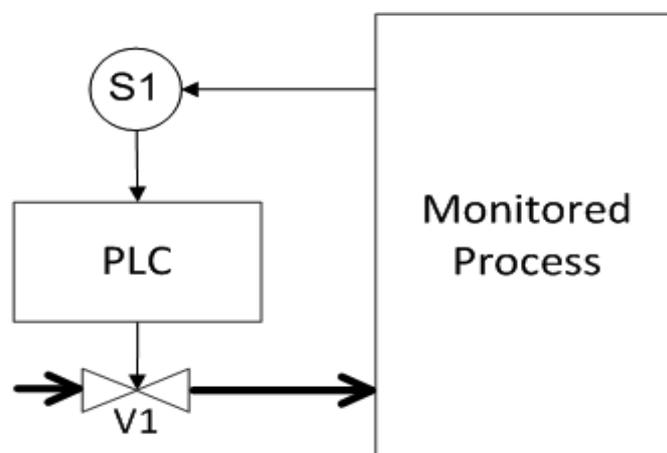


Рисунок 3.1 – Объект исследования (резервуар)

2 Мехатронный модуль в составе автоматической линии предназначен для автоматического производства детали «вал» в средне- и крупносерийном производстве (рисунок 3.2).

Основными компонентами мехатронного модуля являются модуль загрузки-разгрузки (I), модуль осевого вращения заготовки (II), модуль поперечного точения (III), модуль продольного точения (IV) и шкаф управления (V).

Модуль загрузки-разгрузки (I) состоит из рольганга, приводимого в движение мотор-редуктором NMRV110-15-93,3-B3. Контроль вращения мотор-редуктора (M) обеспечивается индуктивным датчиком (SE-1). Наличие заготовки и её перемещение в зону загрузки-разгрузки контролируются двумя барьерными датчиками рефлекторного типа (GS-1, GS-2). Загрузка и разгрузка производится манипулятором Kawasaki RS003N (A) с пневматическим захватным устройством SCHUNK PWG-plus 100-AS-KVZ (Y).

Принцип работы заключается в том, что заготовки, которые находятся на рольганге, автоматически загружаются манипулятором в пневмопатрон, производится цикл автоматической обработки модулями продольного и поперечного точения. Готовая деталь выгружается на рольганг, завершая цикл обработки.

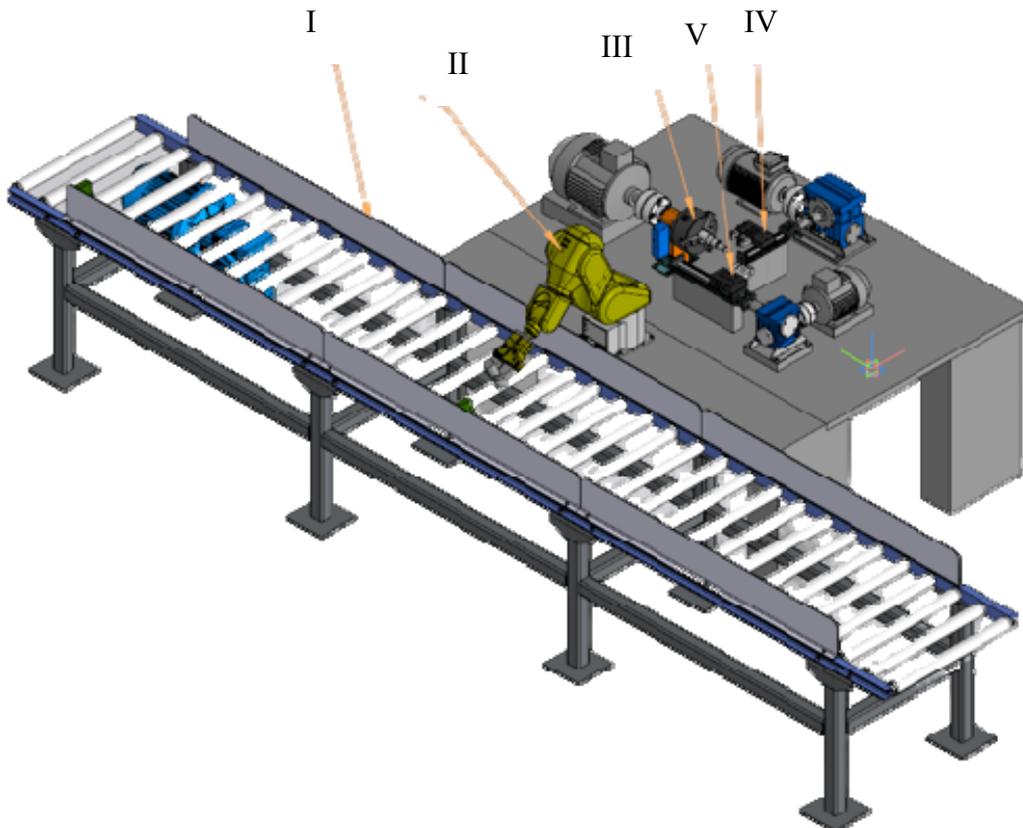


Рисунок 3.2 – Мехатронный модуль в составе автоматической линии

Вероятность отказов элементов, входящих в информационно-управляющую систему, обеспечивающую функцию безопасности (**автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния объекта или системы его автоматизации**).

Электропривод мотор-редуктора (M) – $PFD_M = 2 \cdot 10^{-3}$.

Индуктивный датчик (SE-1) – $PFD_{SE-1} = 2,6 \cdot 10^{-3}$.

Барьерные датчики рефлекторного типа (GS-1, GS-2) – $PFD_{GS-1} = PFD_{GS-2} = 2,8 \cdot 10^{-3}$.

Манипулятор Kawasaki RS003N (A) – $PFD_A = 1,5 \cdot 10^{-2}$.

Пневматическое захватное устройство SCHUNK PWG-plus 100-AS-KVZ (Y) – $PFD_Y = 2,0 \cdot 10^{-2}$.

Программируемый логический контроллер (PLC) – $PFD_{PLC} = 1,8 \cdot 10^{-3}$.

Методические рекомендации по выполнению задания

Значение параметра вероятности отказов PFD показывает среднюю вероятность несрабатывания функции безопасности после подачи сигнала на ее включение системой противоаварийной защиты ПАЗ (SIS – safety instrumented system – система, которая используется для выполнения одной или нескольких функций безопасности).

Вероятность опасного отказа рассчитывается из выражения системы противоаварийной защиты ПАЗ (SIS – safety instrumented system).

Основными техническими компонентами, входящими в состав любой системы ПАЗ (SIS), являются не только соответствующий управляющий программный логический контроллер ПЛК (PLC), но и такие изделия, как датчики и исполнительные механизмы, необходимые для выполнения функций системы. Кроме того, в систему ПАЗ часто входят дополнительные устройства (линии связи, блоки питания и др.).

Основной функцией безопасности, для выполнения которой предназначена любая система ПАЗ технологического объекта, является автоматическое изменение его состояния в сторону более безопасного, выполняемое рассматриваемой системой в случае появления потенциально опасного события (например, выхода параметров процесса за безопасные пределы). Содержанием этой функции является совокупность действий, включающих измерительное преобразование и/или контроль соответствующих параметров состояния объекта, а также формирование и передачу на объект такой последовательности заранее определенных управляющих воздействий, которые направлены на предотвращение или снижение вреда.

Кроме основной функции, система ПАЗ обычно выполняет ряд дополнительных функций, которыми в типичных случаях являются:

- **автоматическое обнаружение** потенциально опасных изменений состояния технологического объекта или системы его автоматизации;

- **автоматическое измерение** технологических переменных, важных для безопасного ведения технологического процесса (например, измерение пере-

менных, значения которых характеризуют близость объекта к границам безопасного режима ведения процесса);

– **автоматическая** (в режиме on-line) **диагностика** отказов, возникающих в системе ПАЗ и/или в используемых ею средствах технического и программного обеспечения;

– **автоматическая предаварийная сигнализация**, информирующая оператора технологического процесса о потенциально опасных изменениях, произошедших в объекте или в системе ПАЗ;

– **автоматическая защита от несанкционированного доступа** к параметрам настройки и/или выбора режима работы системы ПАЗ.

Стандарт на базе IEC 61508 – ГОСТ Р МЭК 61508–2012. *Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью* – определяет допустимый диапазон вероятности отказа для каждого уровня полноты безопасности системы SIL (safety integrity level): дискретный уровень (принимаяющий одно из четырех возможных значений), определяющий требования к полноте безопасности, которая должна быть достигнута реализуемой системой ПАЗ (SIS) (таблицы 3.1 и 3.2). SIL 1 – самый низкий уровень безопасности; SIL 4 – самый высокий уровень. Чем выше уровень безопасности, тем ниже допустимая вероятность несрабатывания функции по запросу.

Таблица 3.1 – Уровни полноты безопасности: планируемые величины отказов для функции безопасности, работающей в режиме низкой интенсивности запросов

Уровень полноты безопасности	Режим работы с низкой интенсивностью запросов (средняя вероятность отказа выполнения функции по запросу) один раз за год PFD
4	$10^{-5} < \text{PFD} < 10^{-4}$
3	$10^{-4} < \text{PFD} < 10^{-3}$
2	$10^{-3} < \text{PFD} < 10^{-2}$
1	$10^{-2} < \text{PFD} < 10^{-1}$

Таблица 3.2 – Уровни полноты безопасности: планируемые величины отказов для функции безопасности, работающей в режиме высокой интенсивности запросов или в режиме непрерывных запросов

Уровень полноты безопасности	Режим работы с высокой интенсивностью запросов или режим непрерывных запросов (вероятность опасных отказов в час) PFH
4	$10^{-9} < \text{PFH} < 10^{-8}$
3	$10^{-8} < \text{PFH} < 10^{-7}$
2	$10^{-7} < \text{PFH} < 10^{-6}$
1	$10^{-6} < \text{PFH} < 10^{-5}$

Чтобы рассчитать уровень класс SIL, необходимо сложить значения PFD отдельных элементов системы. Полученный результат затем сравнивается с допустимой общей вероятностью отказов.

Архитектура средств основной системы управления (basic process control system-BPCS), представляющей распределенную систему управления PCY, и системы ПАЗ (SIS) изображена на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Архитектура средств PCY (BPCS) + ПАЗ(SIS)

Основная система управления процессом (basic process control system-BPCS) – это система, которая реагирует на входные сигналы, поступающие от процесса, от его соответствующего оборудования, от программируемых систем и/или от оператора и вырабатывает выходные сигналы, заставляющие процесс и его соответствующее оборудование действовать желательным образом, но которая не выполняет никаких функций безопасности системы ПАЗ (SIS). Может реализовывать функции управления процессом, мониторинг, аварийную сигнализацию или другие не связанные с функциями ПАЗ (SIS).

Система управления (control system) – это система, которая реагирует на входные сигналы, поступающие от процесса и/или от оператора, и вырабатывает выходные сигналы, формирующие процесс заданным способом.

Система управления включает в себя датчики и исполнительные устройства и может быть либо PCY (BPCS), либо ПАЗ(SIS), либо их комбинацией.

На рисунке 3.4 показан пример того, что применение элементов только класса SIL 2 не гарантирует соответствие всей функции безопасности классу SIL 2. Класс SIL 2 присваивается только в том случае, если параметр PFD для всей системы находится в пределах SIL 2.

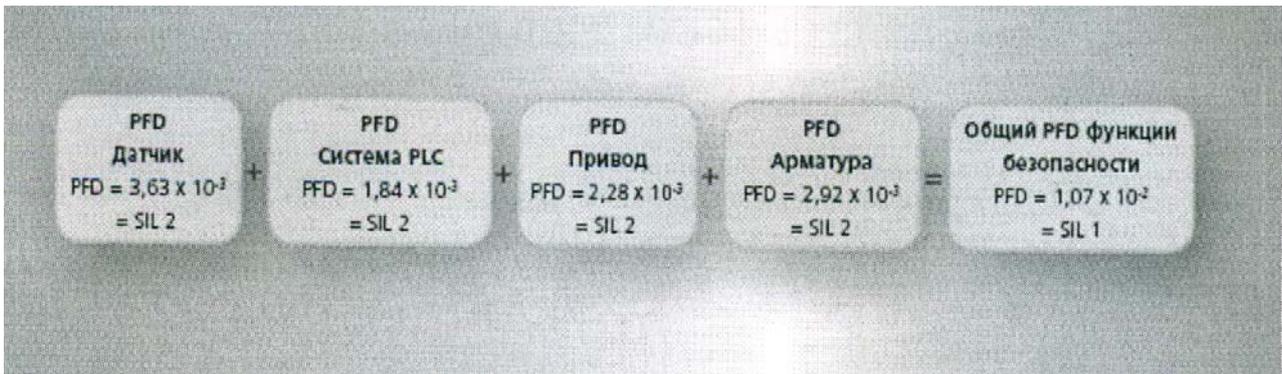


Рисунок 3.4 – Расчет общего значения PFD функции безопасности системы SIS, определение класса SIL

1 Определение вероятности отказа заданной системы объекта исследования 1.

Опасный отказ происходит в случае, когда отказывает или датчик, или клапан. В этом случае вероятности складываются, т. е. для системы вероятность опасного отказа составляет $2 \cdot 10^{-3}$, что соответствует SIL2.

2 Определение вероятности отказа системы с учетом различных видов резервирования объекта исследования 1.

Сначала введем резервирование для датчика. Будем считать, что резервированные компоненты идентичны, т. е. вероятности их отказа равны (рисунок 3.5).

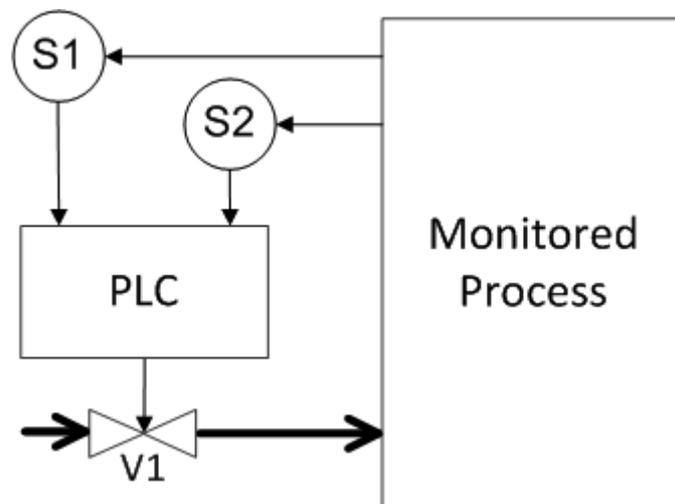


Рисунок 3.5 – Резервирование датчиков

Опасный отказ происходит в случае, когда отказывают или оба датчика, или клапан. Вероятности отказов датчиков перемножаются, поскольку для отказа должны произойти оба отказа. Затем результат умножения складывается с вероятностью отказа клапана, получается в результате $10^{-6} + 10^{-3} = 1,001 \cdot 10^{-3}$, т. е. величина, близкая к 10^{-3} , но тем не менее все еще соответствующая SIL2. Таким образом, резервирование только одного компонента системы позволило снизить вдвое вероятность опасных отказов.

Теперь рассмотрим резервирование клапана (рисунок 3.6).

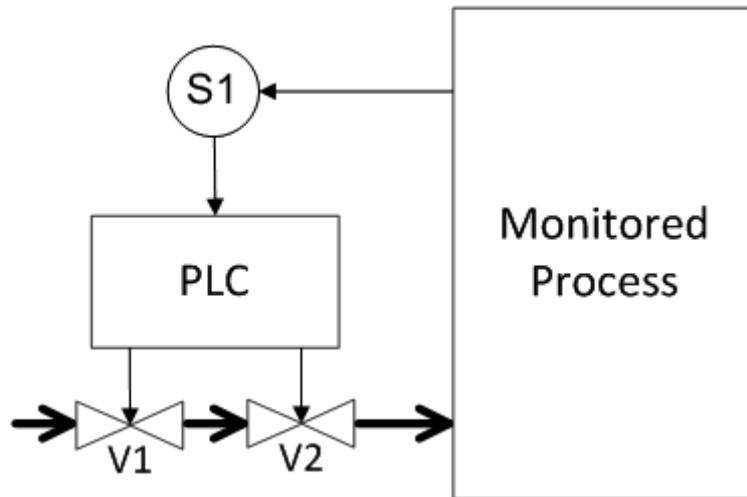


Рисунок 3.6 – Резервирование клапанов

Результат идентичен предыдущей схеме резервирования, вероятность опасных отказов равна $1,001 \cdot 10^{-3}$ (SIL2).

Теперь рассмотрим схему, где резервируются и датчики, и клапаны. Будем считать, что по данным каждого из датчиков формируется сигнал управления на каждый из клапанов (рисунок 3.7).

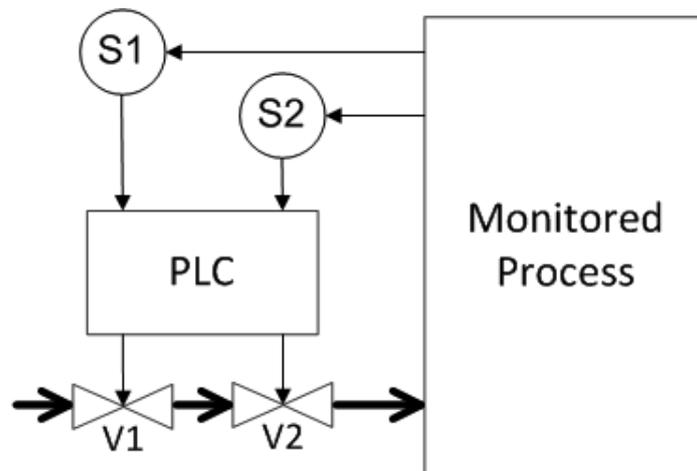


Рисунок 3.7 – Резервирование датчиков и клапанов (1-й способ)

Опасный отказ наступит, если отказали оба датчика или оба клапана. Таким образом, вероятности отказов для датчиков и для клапанов перемножаются, эти результаты складываются, получается $2 \cdot 10^{-6}$, т. е. снизили вероятность опасных отказов в 1000 раз по сравнению с исходной нерезервированной системой. Такая вероятность отказа соответствует SIL4.

Для отсечного клапана возможен еще один вид резервирования, когда они устанавливаются параллельно, и тогда подача продукта в резервуар прекращается в том случае, когда сработали оба клапана (рисунок 3.8).

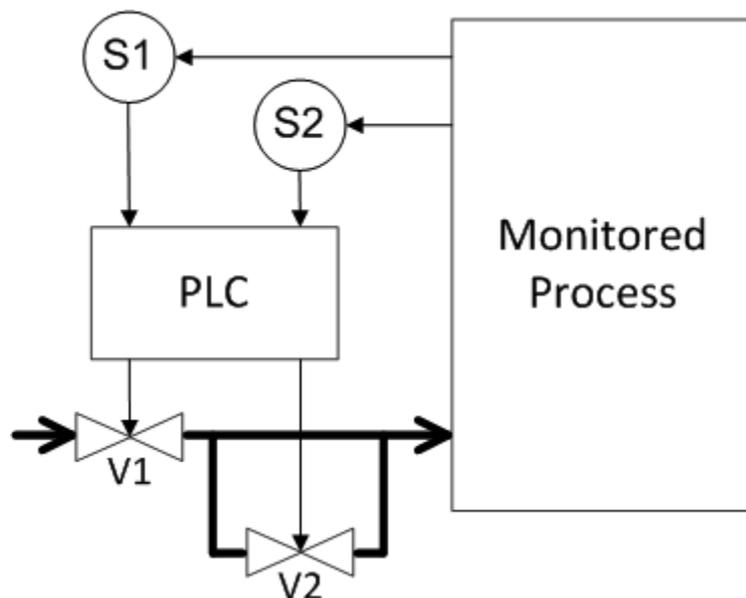


Рисунок 3.8 – Резервирование датчиков и клапанов (2-й способ)

Опасный отказ происходит при отказе обоих датчиков либо любого из клапанов. Вероятности отказа датчиков перемножаются, вероятности отказа клапанов складываются. В итоге получается вероятность опасного отказа $2,001 \cdot 10^{-3}$ (SIL2).

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание.
- 3 Объект исследования 1, рисунок, описание.
- 4 Определение безопасности информационно-управляющей системы в робототехнике, т. е. вероятность опасного отказа нерезервируемой системы PED, объект исследования 1: расчет общего значения PFD функции безопасности системы SIS, определение класса SIL.
- 5 Повышение безопасности информационно-управляющей системы, объект исследования 1, варианты резервирования, рисунки: расчет общего значения PFD функции безопасности системы SIS, определение классов SIL.
- 6 Объект исследования 2, рисунок, описание.
- 7 Определение безопасности информационно-управляющей системы в робототехнике, т. е. вероятность опасного отказа системы PED, объект исследования 2: расчет общего значения PFD функции безопасности системы SIS, определение класса SIL.
- 8 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определение системы ПАЗ (SIS).
- 2 Структура системы ПАЗ (SIS).
- 3 Основная функция безопасности системы ПАЗ (SIS).

4 Дополнительные функции безопасности системы ПАЗ (SIS).

5 Дать определение уровня полноты безопасности SIL.

6 Привести соответствие вероятности отказов классам SIL для режима работы с низкой интенсивностью запросов.

7 Привести соответствие вероятности отказов классам SIL для режима непрерывных запросов.

8 Как определяется общее значение вероятности отказов PFD функции безопасности системы SIS? Определение класса SIL.

9 Дать определение основной системы управления мехатронным модулем. Выполняемые функции.

10 Какие функции выполняет система PCY (BPCS)?

11 Привести структуру средств PCY (BPCS) + ПАЗ(SIS), дать пояснения о взаимодействии систем.

12 Дать определение системы управления мехатронным модулем, перечислить выполняемые функции.

4 Лабораторная работа № 4. Автопостроение базы каналов в SCADA-системе для обмена информацией

Цель работы: ознакомиться с редактором базы каналов SCADA-системы Trace Mode, v.5 (фирма «AdAstra», г. Москва, Россия); получить навыки разработки распределенной структуры системы в робототехнике.

Задание

1 Разработать структуру нового проекта: выбор состава операторских станций и контроллеров.

2 Создать узлы проекта: PC-контроллера и операторской станции.

3 Осуществить автопостроение базы каналов для контроллера.

4 Редактировать каналы объекта.

5 Провести тиражирование узлов проекта.

6 Осуществить автопостроение базы каналов операторской станции для обмена данными с другими узлами проекта.

Методические рекомендации по выполнению задания

Для подготовки и выполнения задания необходимо изучить урок № 1 в справочной системе Trace Mode.

1 Создание нового проекта и разработка его структуры осуществляются в редакторе базы каналов. Под **структурой проекта** понимается система операторских станций и контроллеров, работающих под управлением мониторов Trace Mode.

2 Чтобы загрузить **редактор базы каналов**, надо выполнить команду **Редактор базы каналов** из группы установки инструментальной системы в меню **Программы Windows**.

При этом осуществляется запуск редактора базы каналов и на экране появляется его окно, показанное на рисунке 4.1.

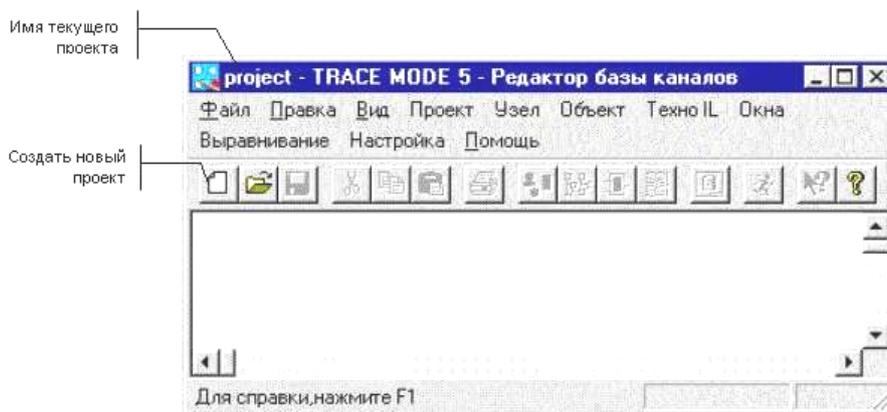


Рисунок 4.1 – Окно «Редактор базы каналов»

3 Для создания **нового проекта** следует нажать левой клавишей (ЛК) мыши на иконке инструментальной панели, обозначенной на рисунке 4.1. При этом на экран выводится следующий диалог (рисунок 4.2).

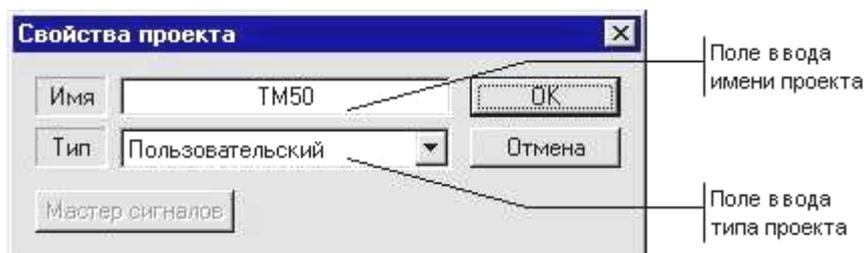


Рисунок 4.2 – Диалоговое окно «Имя нового проекта»

В этом диалоге надо указать имя нового проекта и его тип. Зададим имя проекта – **БЫСТРЫЙ_СТАРТ** – и оставим тип, установленный по умолчанию (**Пользовательский**). Подтвердим завершение настройки параметров проекта нажатием ЛК на кнопке ОК.

При этом диалог Свойства проекта исчезнет с экрана, а в заголовке окна редактора базы каналов и его строке статуса появится название нового проекта.

4 Перейдем теперь к созданию **структуры проекта**. Она включает в себя перечень **узлов** – операторских станций и контроллеров, которые работают под управлением Trace Mode. В нашем случае потребуется создать два узла. Один из них будет РС-контроллером, а второй – операторской станцией.

Создадим новый проект с именем «проект» и типом «пользовательский» (рисунок 4.3).

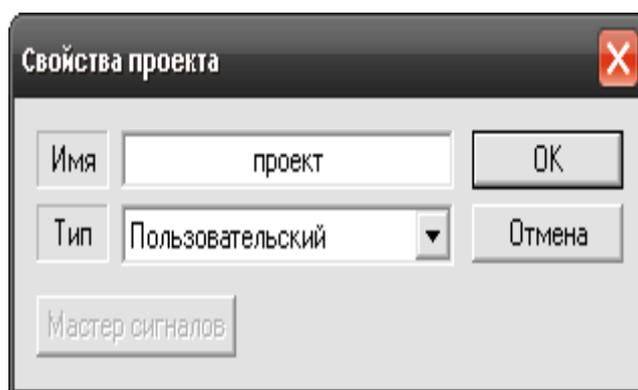


Рисунок 4.3 – Диалоговое окно «Имя нового проекта»

Для выбора контроллера в окне выбора типа узла раскроем список класса узлов под названием «Контроллеры» и выберем тип контроллера FastWel. Назовем данный контроллер KONTROL (рисунок 4.4).

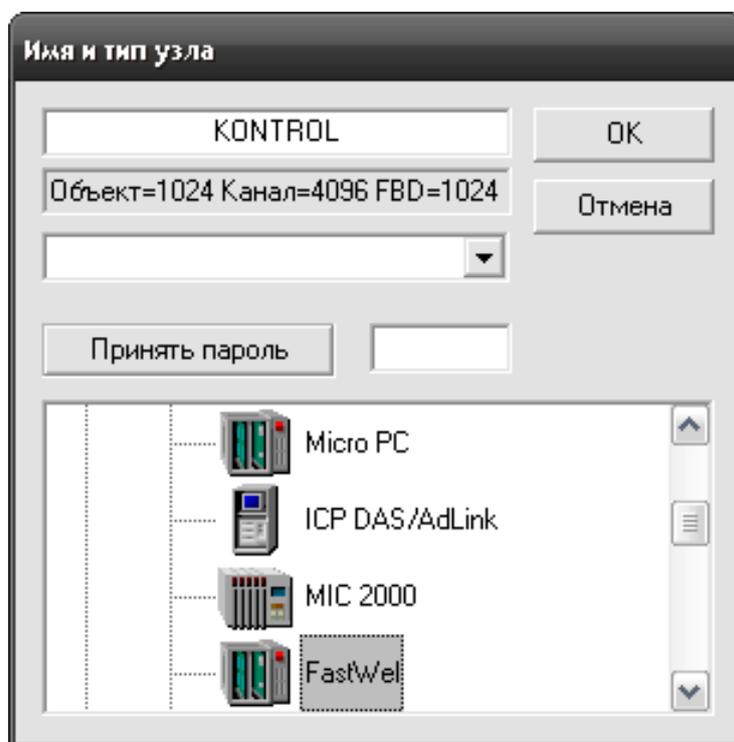


Рисунок 4.4 – Выбор контроллера

Для выбора операторской станции в окне выбора типа узла раскроем список класса узлов под названием «Большой» и выберем тип операторской станции MPB (Сеть, M-Link). Назовем данную операторскую станцию STAN (рисунок 4.5).

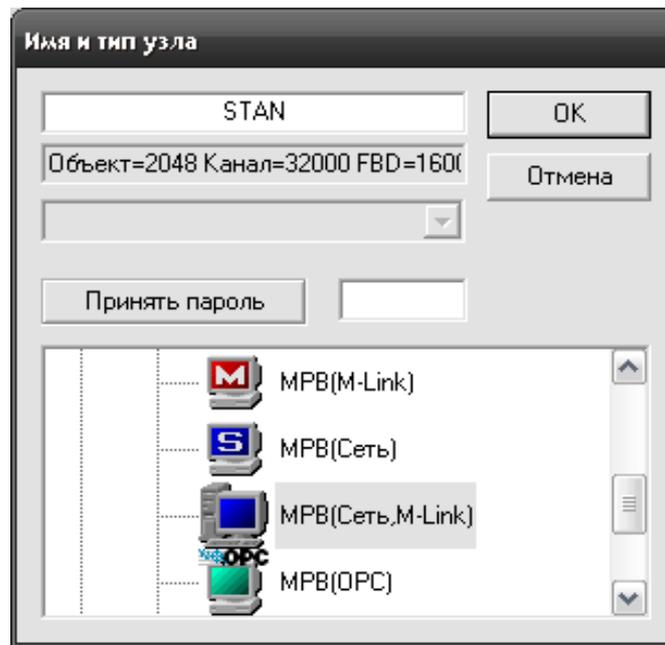


Рисунок 4.5 – Диалоговое окно «Имя и тип узла»

После выполнения этих действий окно редактора базы каналов будет иметь следующий вид (рисунок 4.6).

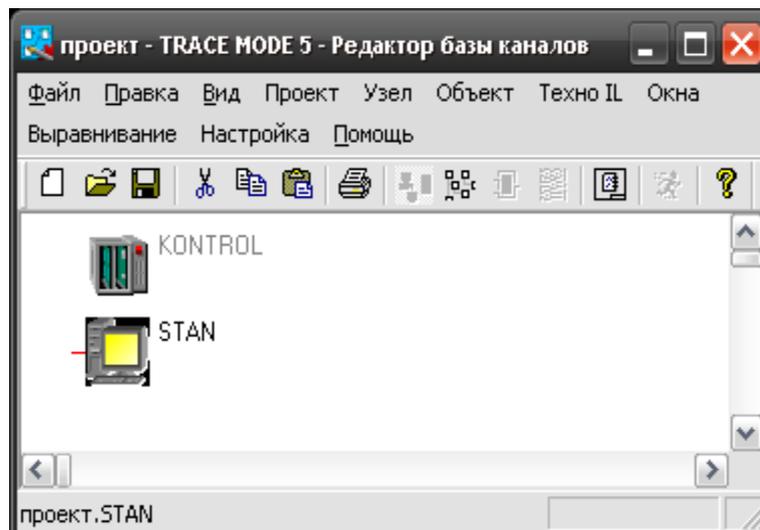


Рисунок 4.6 – Структура проекта

Создадим базу каналов контроллера нижнего уровня. Для этого запустим процедуру автопостроения, и на экран будет выведен диалог ее настройки. В этом диалоге для каждого посадочного места в контроллере укажем тип используемой платы «УСО». В нашем случае задействуем четыре платы, а именно аналогового ввода, аналогового вывода, дискретного ввода и дискретного вывода соответственно, все платы 16-канальные (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 – Настройка процедуры автопостроения базы каналов

Затем осуществляем вход в окно редактирования базы каналов.

Каналы контроля и регулирования выбираются согласно выданному преподавателем объекту автоматизации.

Для редактирования базы каналов необходимо руководствоваться рекомендациями урока № 1 в справочной системе Trace Mode.

Тиражирование и автопостроение базы каналов проводится согласно уроку № 2 в справочной системе Trace Mode.

Тиражирование узлов проекта начинается с запуска редактора базы каналов и загрузки в него проекта БЫСТРЫЙ_СТАРТ.

Предположим, что автоматизируемый технологический объект имеет два однотипных участка, каждый из которых управляется отдельным контроллером. Соответственно, оба эти контроллера будут иметь одинаковую конфигурацию и программу управления. Ранее была создана база каналов для одного контроллера. Этот узел имеет имя **КНТ1**. Создадим теперь новый узел в проекте путем тиражирования узла **КНТ1**.

После этих операций окно редактора базы каналов будет выглядеть следующим образом (рисунок 4.8).

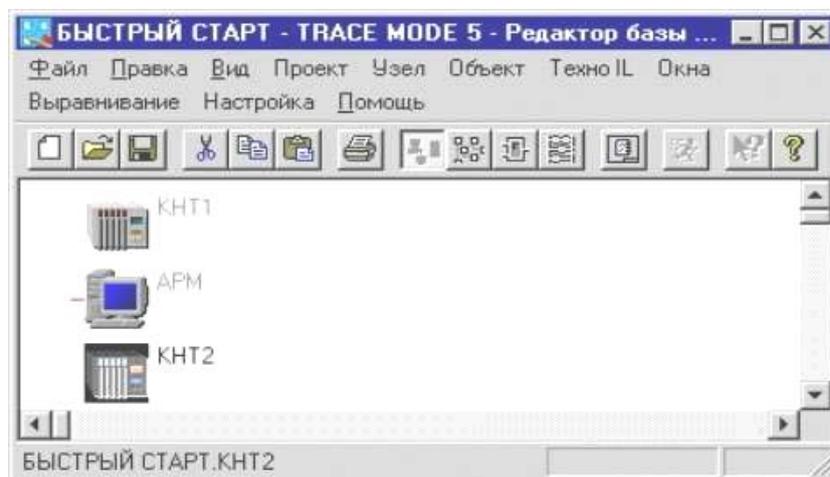


Рисунок 4.8 – Тиражирование узлов проекта

Для обмена данными с другими узлами проекта следует выполнить автопостроение базы каналов.

При переходе к редактированию базы каналов любой операторской станции на экран выводится диалог настройки процедуры автопостроения для обмена данными с другими узлами проекта. Это могут быть как операторские станции, так и контроллеры.

При этом существенно, чтобы линии связи, по которым будет осуществляться обмен данными (локальная сеть, последовательный интерфейс или коммутируемые телефонные линии), поддерживались всеми связанными узлами. Настройка линий передачи данных производится в диалоге **Параметры узла**.

Содержание отчета

- 1 Титульный лист.
- 2 Номер и название лабораторной работы.
- 3 Цель работы.
- 4 Задание.
- 5 Диалоговые окна с пояснениями хода выполнения лабораторной работы.
- 6 Справочные данные по выбранным модулям контроллеров МІС 2000, FastWel, устройствам сопряжения, операторской станции. Дать техническую характеристику.
- 7 Описание каналов управления с выбранными реквизитами.
- 8 Структура контроллера и системы автоматизации.

Контрольные вопросы

- 1 В чем назначение редактора базы каналов?
- 2 Как выбирается тип контроллера и операторской станции?
- 3 Что входит в структуру проекта?
- 4 Как создается база каналов контроллера нижнего уровня?
- 5 Как проводится тиражирование узлов проекта?
- 6 Какие особенности автопостроения базы каналов для обмена данными с внешним контроллером?
- 7 Какой вид интерфейса и протокола используется при автопостроении базы каналов для обмена данными с внешним контроллером?

Список литературы

1 **Иванов, А. А.** Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов.— 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 223 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1155006>. — Дата доступа: 31.08.2022.

2 Информационные системы и цифровые технологии: учебное пособие / В. В. Трофимов [и др.]; под общ. ред. проф. В. В. Трофимова и В. И. Кияева. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 253 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1370826>. — Дата доступа: 31.08.2022.

3 **Гвоздева, В. А.** Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы: учебник / В. А. Гвоздева. — Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2021. — 542 с. — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1220288>. — Дата доступа: 31.08.2022.