Практическая работа №1

Основы автоматики и автоматизации. Функции и показатели системы автоматизации

Цель работы: изучить основные понятия автоматики и автоматизации, функции и уровни автоматизированной системы управления технологическим процессом, научиться составлять перечень функций автоматизации технологического объекта и оценивать надёжность канала управления и экономическую эффективность автоматизации.

Оборудование и программное обеспечение: калькулятор или табличный редактор (Microsoft Excel, LibreOffice Calc).

Краткие теоретические сведения

Основные понятия

Автоматика — отрасль науки и техники, изучающая принципы построения и технические средства систем, действующих без непосредственного участия человека. Автоматизация — применение технических средств и систем управления, освобождающих человека частично или полностью от непосредственного участия в получении, преобразовании, передаче и использовании энергии, материалов или информации.

Различают ступени развития производства: механизация — замена мускульной силы человека машинами при сохранении за человеком функций управления; частичная автоматизация — автоматизация отдельных операций или агрегатов; комплексная автоматизация — автоматизация всего технологического процесса с сохранением за человеком функций наблюдения, настройки и принятия решений в нештатных ситуациях; полная автоматизация — работа без постоянного присутствия персонала.

Автоматизация повышает производительность и качество продукции, снижает расход сырья и энергии, улучшает условия труда и безопасность, позволяет управлять процессами, недоступными человеку по скорости, точности или опасности.

Функции автоматизации

Функции, которые выполняет система автоматизации технологического объекта, приведены в таблице 1. Для каждого технологического параметра выбирают набор функций в зависимости от его значения для процесса и безопасности.

Таблица 1 – Основные функции системы автоматизации

Функция	Содержание	Пример
Контроль (измерение)	измерение параметра и представление его значения персоналу или системе управления	показание температуры воды на мониторе оператора
Сигнализация	оповещение персонала световым и звуковым сигналом о выходе параметра за допустимые пределы или о состоянии оборудования	мигающая лампа и звонок при высоком уровне в баке
Регулирование	автоматическое поддержание параметра на заданном значении	поддержание давления в сети изменением частоты вращения насоса

Функция	Содержание	Пример
Защита и блокировка	автоматическое отключение оборудования или перевод его в безопасное состояние при аварийном значении параметра; запрет недопустимых действий	отключение горелки при погасании пламени; запрет пуска насоса при пустом баке
Логическое (дистанционное) управление	пуск и останов оборудования по команде оператора или по программе	последовательный пуск конвейеров с пульта
Учёт и регистрация	архивирование значений параметров, событий и действий персонала	суточный отчёт о расходе газа

Уровни автоматизированной системы управления

Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) строятся по иерархическому принципу (рисунок 1). Каждый уровень получает информацию от нижнего уровня и передаёт ему команды.



Рисунок 1 – Уровни автоматизированной системы управления

Чем ниже уровень, тем выше требования к быстродействию и надёжности: функции защиты всегда реализуются на уровнях 1–2 и не должны зависеть от работоспособности диспетчерского уровня.

Надёжность канала управления

Надёжность — свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции. Основной показатель для невосстанавливаемого на интервале работы элемента — вероятность безотказной работы P(t) в течение времени t. Для элементов автоматики в период нормальной эксплуатации интенсивность отказов λ (отказов в час) считают постоянной; тогда

$$P(t) = e^{(-\lambda \cdot t)}, \quad T0 = 1 / \lambda,$$

где T0 — средняя наработка до отказа, ч. Канал управления (датчик — контроллер — исполнительный механизм — регулирующий орган) отказывает при отказе любого элемента; в расчёте надёжности такие элементы соединены последовательно (рисунок 2, а):

$$P = P1 \cdot P2 \cdot \ldots \cdot Pn, \quad \lambda c = \lambda 1 + \lambda 2 + \ldots + \lambda n.$$

Для повышения надёжности ответственные элементы резервируют — устанавливают два одинаковых элемента, любой из которых может выполнять функцию (рисунок 2, б). Резервированная пара отказывает, только если откажут оба элемента:

$$P_{рез} = 1 - (1 - P1) \cdot (1 - P2).$$

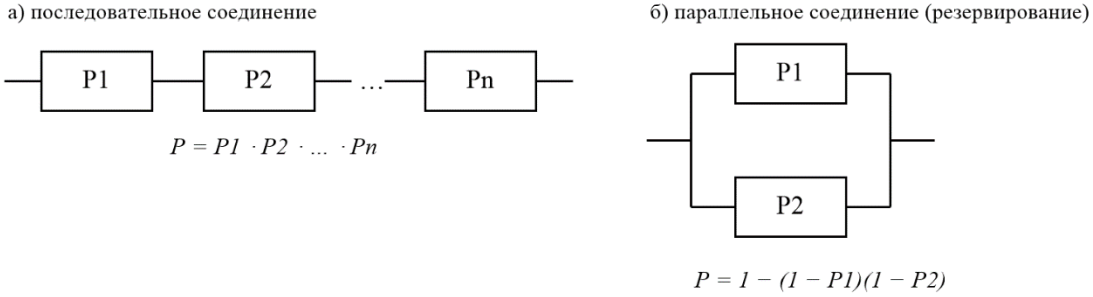


Рисунок 2 – Расчётные схемы надёжности: а) последовательное соединение; б) резервирование

Пример расчёта. Канал из трёх элементов с интенсивностями отказов $\lambda1 = 1\cdot10^{-5}$ 1/ч, $\lambda2 = 2\cdot10^{-5}$ 1/ч, $\lambda3 = 2\cdot10^{-5}$ 1/ч работает t = 5 000 ч. $\lambda c = 5\cdot10^{-5}$ 1/ч; T0 = 1 / $5\cdot10^{-5}$ = 20 000 ч; P = e^(−$5\cdot10^{-5}$ · 5 000) = e^(−0,25) = 0,779. Если резервировать элемент с вероятностью безотказной работы 0,9, то вероятность безотказной работы пары 1 − 0,1 · 0,1 = 0,99.

Экономическая эффективность автоматизации

Простейшие показатели эффективности — годовой экономический эффект Э (сумма годовой экономии сырья, энергии, фонда оплаты труда, снижения потерь от брака и простоев за вычетом затрат на обслуживание системы) и срок окупаемости капитальных вложений К:

$$Т_{ок} = К / Э, \quad Е = Э / К = 1 / Т_{ок},$$

где Е — коэффициент эффективности капитальных вложений. Автоматизацию считают целесообразной, если срок окупаемости не превышает нормативного (для систем автоматизации обычно принимают 3–5 лет).

Пример расчёта. Капитальные вложения К = 1 000 тыс. у. е., экономия энергии 300 тыс. у. е./год, экономия фонда оплаты труда 150 тыс. у. е./год, затраты на обслуживание системы 50 тыс. у. е./год. Э = 300 + 150 − 50 = 400 тыс. у. е./год; $Т_{ок}$ = 1 000 / 400 = 2,5 года; Е = 0,4. При нормативном сроке 4 года автоматизация целесообразна.

Порядок выполнения работы

Шаг 1. Перечень функций автоматизации

Прочитайте описание технологического объекта в карточке варианта. Для каждого параметра, указанного в описании, определите необходимые функции автоматизации (таблица 1) и заполните таблицу по образцу таблицы 2. Отметьте знаком «+» выбранные функции и кратко обоснуйте выбор в последнем столбце.

Таблица 2 – Образец перечня функций автоматизации

Параметр	Контроль	Сигнализация	Регулирование	Защита	Обоснование

Шаг 2. Распределение по уровням

Составьте перечень технических средств системы (датчики, исполнительные механизмы, регулирующие органы, контроллер, панель или станция оператора, сервер архивов) и укажите для каждого уровень по рисунку 1. Определите ступень автоматизации объекта (частичная, комплексная, полная) и обоснуйте ответ.

Шаг 3. Надёжность канала регулирования

По интенсивностям отказов из карточки варианта рассчитайте для канала регулирования основного параметра: интенсивность отказов канала λc, среднюю наработку до отказа T0 и вероятность безотказной работы P(t) за время t. Начертите расчётную схему надёжности.

Шаг 4. Резервирование

Повторите расчёт при резервировании датчика (два одинаковых датчика). Начертите расчётную схему, вычислите вероятность безотказной работы канала и сравните её с результатом шага 3. Сделайте вывод, целесообразно ли резервирование.

Шаг 5. Экономическая эффективность

По экономическим данным из карточки варианта рассчитайте годовой экономический эффект, срок окупаемости и коэффициент эффективности. Сравните срок окупаемости с нормативным и сделайте вывод о целесообразности автоматизации.

Индивидуальное задание

Вариант 1 выполняют студенты с нечётным номером в списке группы, вариант 2 — с чётным. Выполните шаги 1–5 для объекта, описанного в карточке своего варианта.

Содержание отчёта

1) Тема и цель работы.

2) Перечень функций автоматизации с обоснованием.

3) Перечень технических средств с распределением по уровням; ступень автоматизации.

4) Расчётные схемы и расчёт надёжности канала регулирования без резервирования и с резервированием датчика.

5) Расчёт экономической эффективности.

6) Ответы на контрольные вопросы и выводы.

Контрольные вопросы

1) Чем автоматизация отличается от механизации?

2) Чем комплексная автоматизация отличается от полной?

3) Перечислите основные функции системы автоматизации. Чем сигнализация отличается от защиты?

4) Какие уровни выделяют в АСУ ТП? Какие технические средства относятся к каждому уровню?

5) Почему функции защиты не должны зависеть от диспетчерского уровня?

6) Что такое вероятность безотказной работы и средняя наработка до отказа? Как они связаны с интенсивностью отказов?

7) Как рассчитывается надёжность последовательного соединения элементов и резервированной пары?

8) Рассчитайте вероятность безотказной работы элемента с $\lambda = 2 \cdot 10^{-5}$ 1/ч за 10 000 ч.

9) Какие составляющие входят в годовой экономический эффект автоматизации?

10) Как определяется срок окупаемости и когда автоматизацию считают целесообразной?

Вариант 1

Водогрейный газовый котёл котельной

Котёл нагревает воду для системы отопления. Требуется поддерживать температуру воды на выходе котла, изменяя подачу газа на горелку регулирующим клапаном с электрическим исполнительным механизмом. Необходимо также следить за давлением газа перед горелкой, наличием пламени, давлением воды в котле и разрежением в топке. При погасании пламени, недопустимом давлении газа или снижении давления воды подача газа должна прекращаться отсечным клапаном. Разрежение в топке поддерживается изменением производительности дымососа.

Исходные данные	Значение
Интенсивности отказов элементов канала регулирования, 1/ч	датчик температуры $2\cdot10^{-5}$; контроллер $1\cdot10^{-5}$; исполнительный механизм $3\cdot10^{-5}$; регулирующий клапан $1{,}5\cdot10^{-5}$
Время работы t, ч	8 760 (1 год)
Капитальные вложения K, тыс. у. е.	1 800
Годовая экономия, тыс. у. е./год	экономия газа 900; экономия фонда оплаты труда (сокращение операторов) 700
Затраты на обслуживание системы, тыс. у. е./год	100
Нормативный срок окупаемости, лет	4

Результат	Значение
λс, 1/ч / T0, ч	
P(t) без резервирования	
P(t) с резервированием датчика	
Э, тыс. у. е./год / Ток, лет / E	

Вариант 2

Компрессорная станция сжатого воздуха

Винтовой компрессор с приводом от асинхронного двигателя через преобразователь частоты нагнетает воздух в ресивер. Требуется поддерживать давление в ресивере, изменяя частоту вращения двигателя. Необходимо также следить за температурой масла и температурой воздуха на нагнетании, током двигателя и уровнем конденсата в ресивере. При перегреве масла или воздуха и при перегрузке двигателя компрессор должен останавливаться; конденсат при достижении верхнего уровня сливается автоматически электромагнитным клапаном.

Исходные данные	Значение
Интенсивности отказов элементов канала регулирования, 1/ч	датчик давления $3\cdot10^{-5}$; контроллер $1\cdot10^{-5}$; преобразователь частоты $4\cdot10^{-5}$; электродвигатель $2\cdot10^{-5}$
Время работы t, ч	4 000
Капитальные вложения K, тыс. у. е.	2 400
Годовая экономия, тыс. у. е./год	экономия электроэнергии 1 200; снижение затрат на ремонт 500
Затраты на обслуживание системы, тыс. у. е./год	150
Нормативный срок окупаемости, лет	3

Результат	Значение
λc, 1/ч / T0, ч	
P(t) без резервирования	
P(t) с резервированием датчика	
Э, тыс. у. е./год / Ток, лет / E	