

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ (АСУТП)

Цель работы:

1. Ознакомиться с типовыми этапами управления в процессе выработки и реализации управленческого решения.
2. Познакомиться с понятием надежности систем.
3. Рассчитать функциональную и эффективную надёжность предложенной системы.

1.1 Свойства и характеристики систем

В современном понимании система – это совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определённую целостность. Системы бывают различной сложности: объединение, состоящее из ряда предприятий; машиностроительный завод, состоящий из ряда служб, цехов, участков; станок, состоящий из ряда агрегатов, и т. д.

Различают системы технические (например, металлорежущий станок, автоматическая линия), человеко-машинные (автоматизированные системы управления технологическим процессом - обслуживающий персонал, станок - человек), производственно-экономические (завод, фирма), социальные (персонал, различные группы населения), биологические (человеческий организм, определённая природная зона).

Функционирование системы в качестве единого целого обеспечивается связями между её элементами. Элемент системы – это объект, выполняющий определённые функции и не подлежащий дальнейшему расчленению в рамках поставленной перед данной системой задачи. Связи между элементами определяют структуру системы.

Например, элементом механосборочного цеха (системы) является станок (подсистема, элемент), который может осуществлять

изготовление деталей, что является основной задачей данного цеха. Дальнейшее расчленение станка на агрегаты для производственного процесса не имеет смысла, но важно для организации технического обслуживания и профилактических мероприятий.

Выделение системы, т.е. отнесение к ней определенного перечня элементов, является сложной задачей, особенно для производственных, экономических и социальных систем.

Элементы относятся к данной системе, если они удовлетворяют следующим основным требованиям:

- имеют общую цель, т. е. каждый элемент должен работать и давать свой измеряемый вклад в достижение цели системы;
- взаимно дополняют друг друга, т. е. без любого элемента система не может эффективно решать стоящих перед ней задач;
- имеют стабильные организационные, ресурсные и иерархические связи в системе.

Любая система характеризуется совокупностью (вектором) входов $Q_{вх}$, совокупностью (вектором) выходов $Q_{вых}$ и параметрами внутреннего состояния X (рис. 1.1).

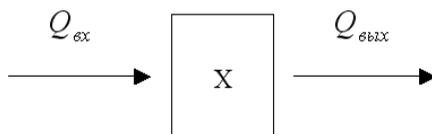


Рис. 1.1. - Структурная схема системы

Например, если в качестве системы представить коробку передач вертикально-фрезерного станка, то входом для неё будет являться крутящий момент $M_{кр}$, поступающий на первичный вал, и его частота вращения; выходом – изменённые значения этих показателей до заданных; параметрами внутреннего состояния – сочетание (набор) зубчатых колес, обеспечивающее заданное преобразование (изменение).

Кроме вышеназванных существует такое понятие, как большие системы. Оно достаточно условно и характеризуется одним из следующих показателей или их комбинацией:

1. Иерархичность системы, т. е. наличие нескольких уровней в её структуре. Например, автомобильный завод: цех -- участок -- бригада -- исполнитель; станок: агрегат -- узел -- деталь.

2. Наличие в системе элементов различного происхождения: технических, экономических, социальных. Например, предприятие: станки -- здания -- сооружения (технические элементы) -- операторы -- ремонтники -- ИТР (социальные элементы) -- взаимоотношения с банками, производителями техники, потребителями (экономические элементы).

3. Количество подсистем более 7--10.

1.2 Понятие об управлении

Известно несколько определений понятия «Управление». Инженерное (прикладное) определение этого понятия: управление – это процесс преобразования информации о состоянии системы в определённые целенаправленные действия, переводящие управляемую систему из исходного в заданное состояние.

Минимально необходимыми, но недостаточными условиями управления являются: наличие объективной и адекватной информации о состоянии системы и внешних факторов, определение цели (или целей), стоящей перед системой, и понимание возможных способов или действий для достижения этой цели. Но любое реальное управление требует ресурсов, а само управление, т. е. изменение состояния системы, происходит во времени, иногда весьма значительном. Поэтому достаточным набором для построения разумного управления является: информация о состоянии системы, её цели, имеющиеся ресурсы, располагаемое системой время для достижения этих целей, а также необходимые для этого действия.

Естественно, что этот набор должен располагаться и использоваться в определённой последовательности, образующей типовые этапы или технологию управления, применяемую независимо от отрасли, предприятия и характера задач. Типовыми этапами управ-

ления в процессе выработки и реализации управленческого решения считаются следующие этапы:

1. Определение цели, стоящей перед управлением системой или подсистемой (отраслью, цехом, участком, бригадой). Причём цель подсистемы должна увязываться с целью системы более высокого ранга. Следовательно, постановка цели и её реализация должны рассматриваться в рамках программно-целевого подхода.

2. Получение информации о состоянии системы и о внешних факторах, действующих на систему.

При сборе, получении и обработке информации различают следующие понятия:

- сообщение – упорядоченный набор символов, служащих для выражения информации;

- документ – материальный носитель сообщения в виде письма, справки, ведомости, наряда и др.;

- сигналы – физические факты, явления, процессы, служащие для передачи и накопления сообщений;

- шум – помехи, затрудняющие получение сигнала.

3. Обработка информации, оценка её точности, представительности, достоверности.

4. Анализ информации, сбор при необходимости дополнительной информации, её экспертиза.

5. Принятие управленческих решений в соответствии с целями системы, полученной и обработанной информацией.

6. Придание решению чёткой, желательно нормативной формы, обеспечивающей индивидуальную ответственность исполнителей, поэтапный количественный и качественный контроль.

7. Доведение решения до исполнителей. Здесь используются различные методы обучения, агитации, пропаганды. Наиболее целесообразной формой решения являются закон, правило, норматив, обеспечивающие эффективное управление.

8. Реализация управляющего воздействия, например, строительство или реконструкция производственной базы; освоение новых видов услуг; введение новой системы морального и материального поощрения рабочих; направление металлорежущего станка в ремонт или его списание и т. д.

9. Получение отклика (реакции) системы на управляющие действия в виде новой порции информации об изменении состояния системы.

При полном достижении системой назначенных целей в заданное время управление является оптимальным. Если состояние системы ухудшилось, то управление нерационально. Если произошло улучшение состояния системы, но цели полностью не достигнуты, то управление является рациональным. После этого наступает 10-й этап, в процессе которого анализируются причины, по которым цели не были достигнуты, при необходимости либо причины ликвидируются, либо корректируются цели.

Таким образом, управление реальными системами носит многошаговый характер, когда к достигнутой цели приходят не за один, а за несколько шагов, последовательно корректируя действия с учётом достигнутых результатов.

Одна из типичных ошибок управления на разных уровнях – это попытка достичь цели за один ход, что для многих, а особенно больших систем является просто нереальным по следующим причинам:

- мы не располагаем, как правило, всей информацией о состоянии системы и действующих на неё факторов;
- реализация решения происходит во времени, иногда значительном, при этом ряд факторов, действующих в системе и на систему, изменяются;
- большие системы инерционны и для изменения их состояния требуется значительное время;
- главный действующий субъект управления – человек – консервативен, и требуется адаптация к новым целям и методам их достижения.

Таким образом, при выработке и принятии управленческого решения, необходимо учитывать дефицит информации, значительный разрыв между моментами принятия и реализации решения и те последствия, которые могут возникнуть (социальные, технические, экономические) в результате реализации этого решения.

1.3 Надёжность автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП)

Сложная АСУТП может находиться в нескольких рабочих состояниях, так как выход из строя отдельных её элементов не вызовет полного отказа системы, т. е. прекращения выполнения ею заданных функций, но ухудшит в той или иной степени качество функционирования. Следовательно, отказ какого-либо элемента приведёт функционирующую систему в состояние частичной работоспособности.

С этой точки зрения АСУТП оценивают по критериям функциональной и эффективной надёжности.

Под *функциональной надёжностью* P_f понимают вероятность того, что данная система будет удовлетворительно выполнять свои функции в течение заданного времени.

Эффективную надёжность $P_э$ оценивают по среднему значению (математическому ожиданию) величины, характеризующей относительный объём и полезность выполняемых системой функций в течение заданного времени по сравнению с её предельными возможностями. Введение критерия эффективной надёжности связано с тем, что каким-либо отдельным показателем функциональной надёжности не удастся оценить функционирование сложной системы. Сложная система кроме надёжности каждого блока и всей системы характеризуется ещё относительной важностью потери системой тех или иных качеств. Поэтому под $P_э$ понимается некоторая количественная мера, оценивающая качество выполняемых системой функций.

1.4 Оценка функциональной надёжности системы

Прежде чем произвести оценку надёжности системы в целом, необходимо найти показатели надёжности отдельных её звеньев (подсистем). Для этого следует определить их состав на основе анализа структурной схемы данной (или проектируемой) системы. Необходимо также выделить комплекс устройств (подсистем),

всякий отказ в работе которых приводит к отказу всей системы. В АСУТП таким устройством (основным), как правило, является ЭВМ (вычислительное и запоминающее устройство).

После этого необходимо установить функциональные связи основного устройства с дополнительными, которые в процессе работы системы время от времени подключаются к основному устройству на время τ_j для обмена и обновления информации. Очевидно, что влияние таких устройств будет определяться главным образом тем, какова вероятность нахождения этих устройств в рабочем состоянии в любой произвольный момент времени t .

Таким образом, функциональная надёжность системы зависит от безотказной работы как основного устройства (комплекса) в заданное время, так и дополнительных устройств, работающих совместно с основным в течение времени τ :

$$P_{\phi} = f\{P_0(t); k_j; P_j(\tau_j)\}, \quad (1.1)$$

где $P_0(t)$ – вероятность безотказной работы основного элемента; k_j – коэффициент готовности i -го устройства; $P_j(\tau_j)$ – вероятность безотказной работы i -го дополнительного устройства при совместной работе с основным за среднее время при решении основной задачи.

Так как вся система работает в основном режиме, то её функциональная надёжность определяется по зависимости [1]

$$P_{\phi} = P_0(t) \prod_{i=1}^m k_i \cdot P_i(\tau_i), \quad (1.2)$$

где m – количество дополнительных устройств в системе.

Если резервирования в системе нет, то

$$P_0(t) = e^{-\lambda_0 t}; P_j(\tau) = e^{-\lambda_j \tau}, \quad (1.3)$$

где λ_0, λ_j – соответственно средняя интенсивность отказов основного и дополнительного устройств.

Из сказанного следует, что функциональная надёжность учитывает временные функциональные связи между дополнительными и основными устройствами системы.

1.5 Оценка эффективной надёжности систем

Для определения эффективной надёжности системы следует рассмотреть все комбинации состояний устройств, составляющих полную группу событий. Так как каждое из $(m+1)$ рассматриваемых устройств (включая основное) может иметь два состояния (исправно или нет), то число комбинаций, составляющих полную группу событий, будет равно $n = 2^{m+1}$. Тогда эффективная надёжность системы определяется выражением [1]:

$$P_э = \sum_{j=1}^n P_j(t) \cdot E_j, \quad (1.4)$$

где $P_j(t)$ – вероятность j -го состояния системы в какой-либо момент времени t ; E_j – коэффициент эффективности; определяется как весовой коэффициент важности выполняемых задач в j -м состоянии системы по сравнению с полным объёмом задач, решаемых в системе.

Коэффициент эффективности E_j показывает, насколько снижается работоспособность системы при отказе данного элемента, т. е. характеризует в системе вес элемента по надёжности и может принимать значения $0 \leq E_j \leq 1$. Для элементов, отказ которых не влияет на выполнение системой основных функций, $E_j = 0$. Для элементов, отказ которых приводит к полному отказу системы, $E_j = 1$.

Для вычисления коэффициентов эффективности системы E_j необходимо вычислить E_j по каждой частной задаче с учетом её относительной важности. Коэффициент E_j в этом случае определяется как сумма весовых коэффициентов частных задач, решаемых системой в j -м состоянии:

$$E_j = \sum_{i=1}^R E_{ji},$$

где R – количество частных задач, решаемых в j -м состоянии.

Таким образом, эффективная надёжность характеризует относительный объём и полезность выполняемых системой функций в течение заданного времени по сравнению с её предельными возможностями.

Задание и исходные данные для расчёта

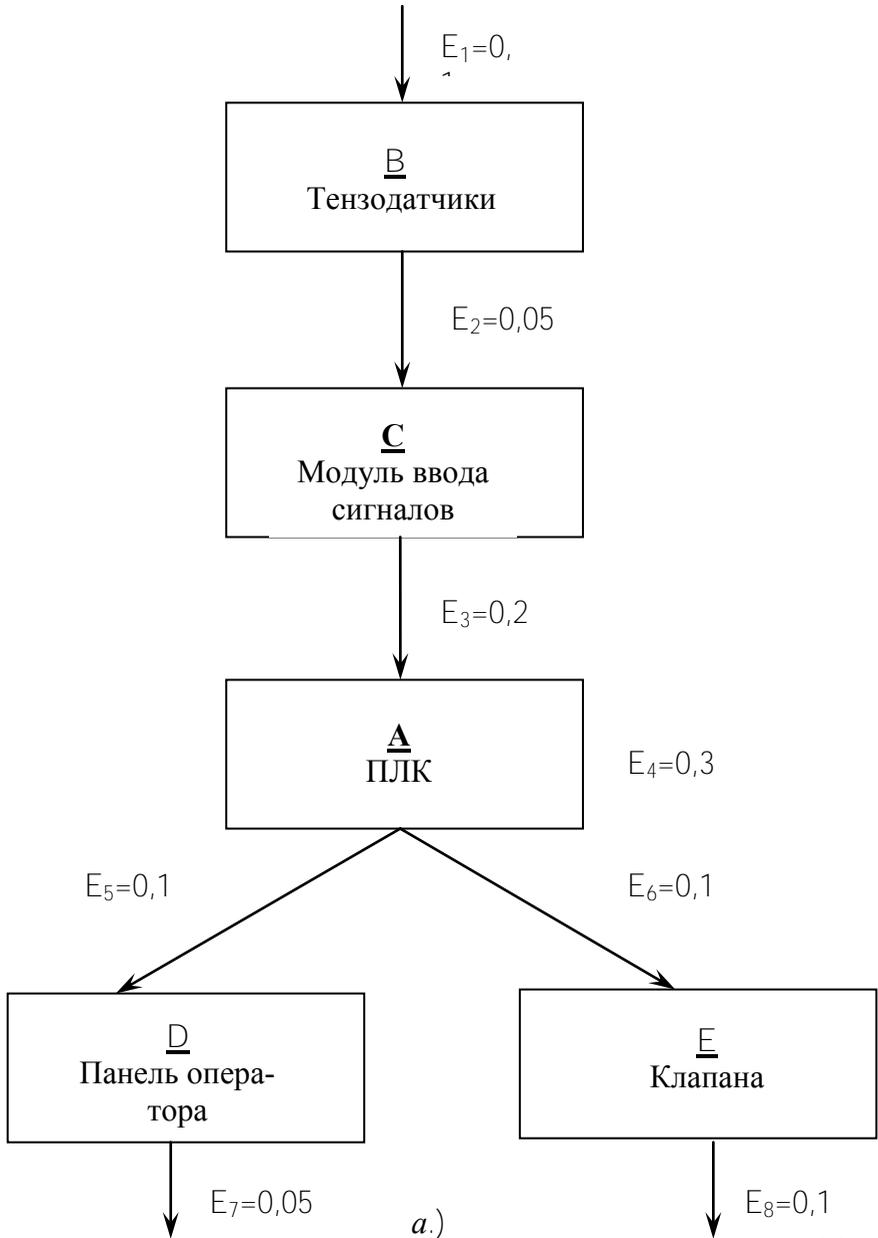
1. Задана система управления состоящая из основного устройства A и вспомогательных устройств B, C, D, E (рис. 1.2. а--в).
2. Требуется рассчитать функциональную и эффективную надёжность системы при интенсивности отказов основного и дополнительного устройств λ (табл. 1.2.).
3. Составить таблицу возможных состояний системы управления.
4. Коэффициенты готовности вспомогательных устройств $K_B = 0,8$; $K_C = 0,85$; $K_D = 0,9$; $K_E = 0,95$. Интенсивность отказов основного устройства $\lambda_A = 0,05 \cdot 10^{-6}$ ч. Время работы системы $t = 960$ ч. Задание, согласно номеру варианта по табл. 1.1., выдаёт преподаватель.

Таблица 1.2

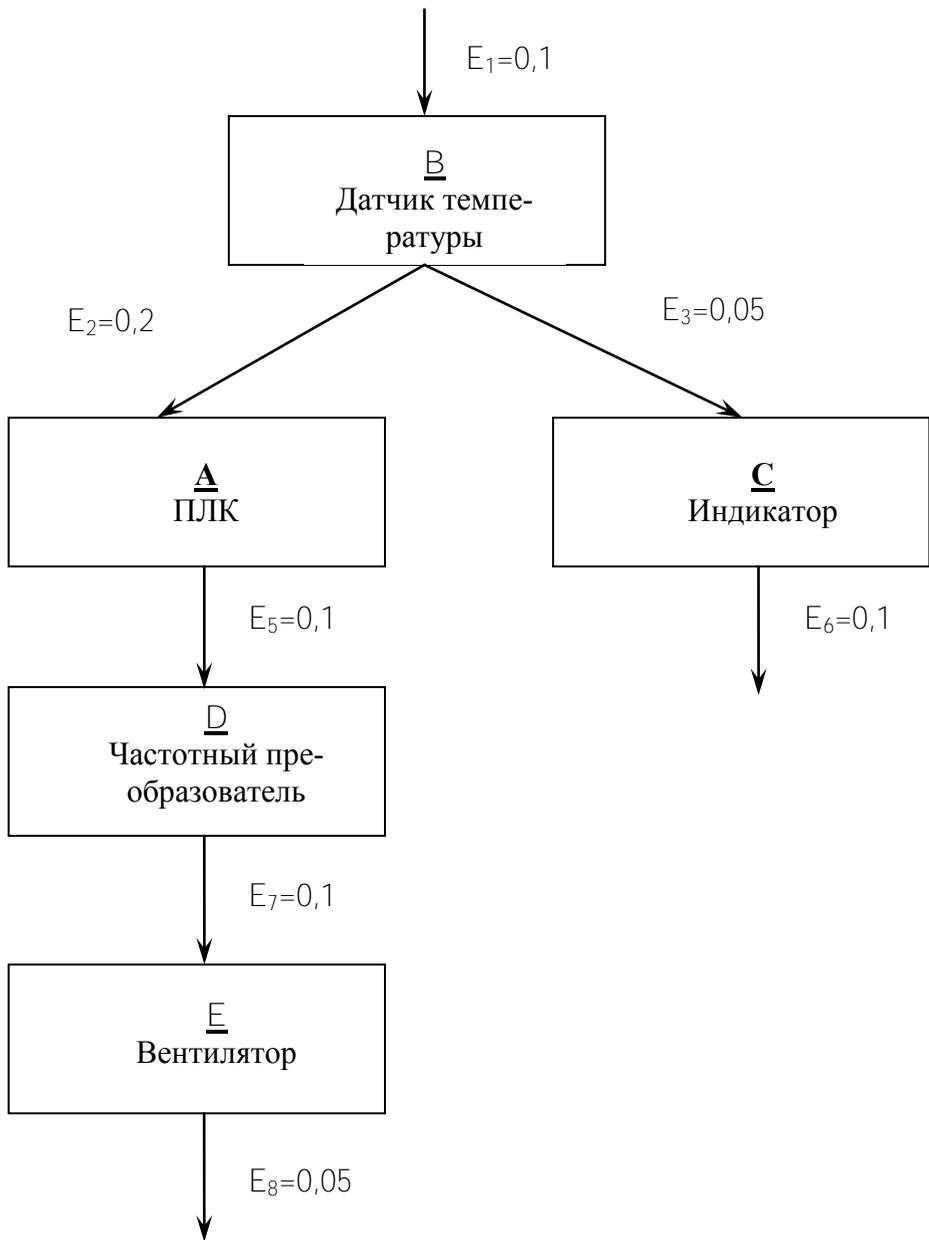
Интенсивность отказов устройств

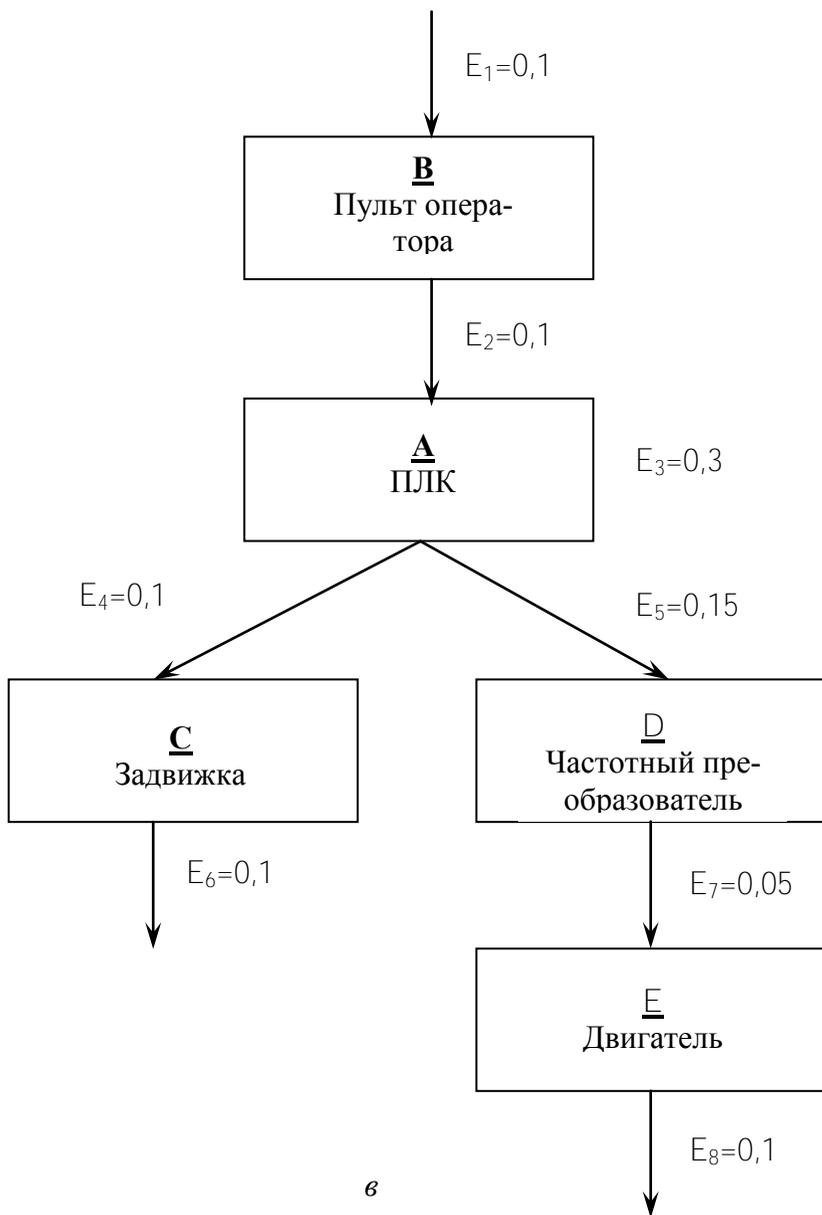
Наименование устройства	Интенсивность отказов $\lambda \cdot 10^{-6}$, ч		
	Max	Med	Min
Тензодатчики	6,40	3,30	1,50
Модуль ввода сигналов	0,50	0,11	0,03
Панель оператора	1,85	0,97	0,65
Клапаны	1,0	0,40	0,12
Датчик температуры	3,73	2,60	1,47
Индикатор	2,78	1,12	0,76
Частотный преобразователь	22,3	9,58	2,2
Вентилятор	0,93	0,60	0,45
Пульт оператора	0,6	0,09	0,058
Задвижка	0,12	0,075	0,048

Двигатель	0,58	0,30	0,11
-----------	------	------	------



a.)





в

Рис. 1.2. Блок-схемы систем:

a–в – варианты схем согласно табл. 1.1

Порядок выполнения работы

1. Сначала определяют вероятность безотказной работы элементов по зависимости (1.3).

2. Функциональная надёжность системы рассчитывается по зависимости (1.2).

3. Чтобы определить эффективную надёжность системы, необходимо составить таблицу состояний системы.

Таблица возможных состояний системы строится по следующим правилам. Если устройство исправно, принимается вероятность P и коэффициент эффективности E , если неисправно – $P = (1 - P)$, коэффициент эффективности равен при этом равен 0.

Пример. Система состоит из основного устройства А и вспомогательных В, С. Блок-схема приведена на рис. 1.3.

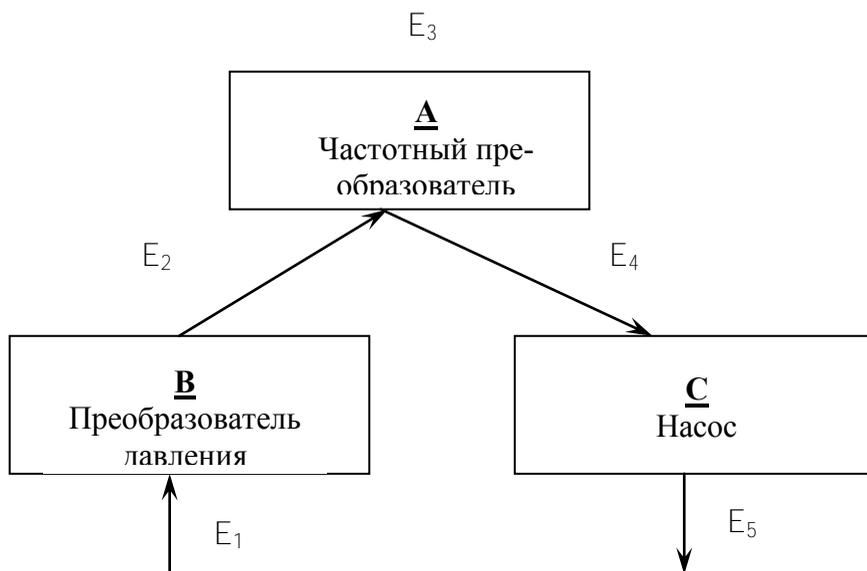


Рис. 1.3. - Блок-схема системы управления

Возможные состояния система приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Возможные состояния системы управления насосом

Состояние системы	Расчетные формулы	
	P_j	E_j
ABC	$P_A \cdot P_B \cdot P_C$	$E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$
$ABC\bar{C}$	$P_A \cdot P_B \cdot (1 - P_C)$	$E_1 + E_2 + E_3 + E_4$
$A\bar{B}C$	$P_A \cdot (1 - P_B) \cdot P_C$	$E_3 + E_4 + E_5$
$\bar{A}BC$	$(1 - P_A) \cdot P_B \cdot P_C$	$E_1 + E_2 + E_5$
$A\bar{B}\bar{C}$	$P_A \cdot (1 - P_B) \cdot (1 - P_C)$	$E_3 + E_4$
$\bar{A}\bar{B}C$	$(1 - P_A) \cdot P_B \cdot (1 - P_C)$	$E_1 + E_2$
$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$(1 - P_A) \cdot (1 - P_B) \cdot P_C$	E_5
$\bar{A}BC$	$(1 - P_A) \cdot (1 - P_B) \cdot (1 - P_C)$	0

Примечание: A – устройство исправно; \bar{A} – устройство неисправно.

После этого по зависимости (1.4) рассчитать эффективную надежность.

На основании полученных значений функциональной и эффективной надежности сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Понятие системы. Виды систем.
2. Как обеспечивается функционирование системы?
3. Охарактеризуйте понятие большой системы.
4. Понятие управления.
5. Какое управление является оптимальным?
6. Можно ли достичь всех целей управления реальной системой за один ход? Почему?
7. По каким критериям оценивается надежность АСУТП?
8. Что такое коэффициент эффективности?

Литература

1. Вайрадян, Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М. : МИФИ, 1974.

Таблица 1.1

Исходные данные

№ варианта	Схема (рис. 1.2)	Интенсивность отказов вспомогательных устройств			
		Вспомогательные устройства			
		B	C	D	E
1	Схема а	min	med	max	min
2				max	med
3				max	max
4				min	min
5	Схема б	med	max	min	med
6				min	max
7				med	min
8	Схема в	max	min	med	max
9				max	min
10				max	med
11	Схема а	min	max	max	min
12				max	med
13				max	max
14				min	min
15	Схема б	med	min	min	med
16				min	max
17				med	min
18	Схема в	max	med	med	max
19				max	min
20				max	med
21	Схема а	min	min	max	min
22				max	med
23				max	max
24				min	min
25	Схема б	med	med	min	med
26				min	max
				med	min