

При этом вычислялись значения приведенного момента инерции привода и требуемой скорости вращения двигателя. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета предельной скорости

i	$I_{пр}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$\Omega_{пред}, \text{рад/с}$	$\Omega_{треб}, \text{рад/с}$	$\Omega_{пред}/\Omega_{треб}$
1	0,021228	18	8,42	2,13
5	0,000884	94	42,1	2,23
10	0,000248	172	84,2	2,04
20	0,000089	260	168,4	1,54
40	0,000049	318	336,8	0,94

Приведенные результаты показывают, что по мере уменьшения передаточного отношения редуктора увеличивается приведенный момент инерции, и как следствие, снижается предельная скорость вращения в синхронном режиме. Одновременно снижается требуемая скорость двигателя, обеспечивающая заданную скорость выходного звена.

В последнем столбце приведено соотношение скоростей, которое характеризует резерв повышения производительности конвейера за счет возможного увеличения скорости двигателя. В этом смысле наибольшими возможностями обладает привод с передаточным отношением редуктора, близким к 5. Он позволяет повысить производительность конвейера по отношению к проектной в 2,23 раза за счет повышения скорости двигателя до предельной. Несколько меньшими возможностями обладает безредукторный привод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кокудович, Д. В. Мехатронные модули и мехатронные системы / Д. В. Кокудович, О. Н. Прокопеня // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : сборник статей / Брестский государственный технический университет – Брест : Издательство БрГТУ, 2021. – С. 6–12.

2. Сааков, А. В. Система управления приводом шагового конвейера / А. В. Сааков, О. Н. Прокопеня, Л. И. Вабищевич // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : сборник статей / Брестский государственный технический университет – Брест : Издательство БрГТУ, 2021. – С. 17–20.

УДК 681.5.09

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ

Королёв А. А., Михновец А. Н., Карпович Д. С.

*Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова 13а, 220006, г. Минск, Беларусь*

Внедрение достижений науки и техники, современных технологий характеризуется созданием сложных систем и устройств с высоким уровнем автоматизации, выполняющих интеллектуальные, адаптивные функции управления в космической и авиационной технике, тепловой и атомной энергетике, химической, нефте-

химической, нефтегазодобывающей, металлургической, обрабатывающей и других отраслях промышленности и транспорта. Успешное решение задач управления, связанных с повышением эффективности производств, поставило в качестве первоочередной проблему обеспечения высокой надёжности таких систем и технических средств. Актуальность и важность этой проблемы обусловлена существенным ущербом, который может возникнуть в опасных производствах, производствах с большими единичными мощностями, а также на производствах с системами с большим количеством вычислительных объектов.

Основными причинами, определяющими повышенное внимание к проблемам надёжности, являются:

- повышение сложности устройств и появление сложных систем;
- более медленный рост уровня надёжности комплектующих элементов по сравнению с ростом числа элементов в устройствах и системах;
- повышение важности выполняемых элементами и устройствами функций и, как следствие этого, повышение требований к их надёжности;
- усложнение условий эксплуатации систем.

Главной целью является расчёт надёжности невозстанавливаемых систем, так как при последовательном соединении элементов (рисунок 1), которое является основным, при отказе любого из элементов отказывает вся система. При анализе надёжности таких систем предполагается, что отказ любого из элементов несёт независимый и случайный характер и не нарушают работоспособности других элементов в системе. Основными понятиями при расчёте надёжности системы управления являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы связана с функцией распределения времени безотказной работы соотношением:

$$P_{(t)} = 1 - Q_{(t)}, \quad (1)$$

где $P_{(t)}$ – вероятность безотказной работы объекта;

$Q_{(t)}$ – функция распределения времени безотказной работы, которая представляет собой вероятность появления отказа в течение времени t [1].

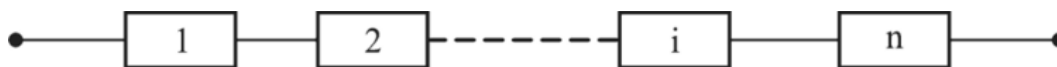


Рисунок 1 – Последовательное соединение элементов системы

Для нахождения интенсивности отказов стоит в первую очередь определить величину частоты отказов. Она будет равна

$$a_{(t)} = \frac{dQ_{(t)}}{dt} = -\frac{dP_{(t)}}{dt}. \quad (2)$$

Между вероятностью безотказной работы, вероятностью появления отказа и частотой отказов существуют следующие зависимости:

$$Q_{(t)} = \int_0^t a(x)dx; \quad P_{(t)} = 1 - \int_0^t a(x)dx. \quad (3)$$

Так как интенсивность отказов – это условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник, то в соответствии с данным определением

$$\lambda_{(t)} = \frac{a_{(t)}}{P_{(t)}}. \quad (4)$$

Вероятность $\lambda(t)dt$ характеризует вероятность отказа системы или элемента за интервал $(t, t + dt)$, взятых из группы элементов или систем, которые остались работоспособными к моменту времени t . В соответствии определяется взаимосвязь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов. Интегрируя выражение 4, получаем:

$$-\int_0^t \lambda(x)dx = \ln P_{(t)}, \text{ откуда } P_{(t)} = \exp\left[-\int_0^t \lambda(x)dx\right]. \quad (5)$$

Данная зависимость 5 в общем виде может рассматриваться как основной закон надёжности. И, если $\lambda_{(t)} = \lambda = \text{const}$, то

$$P_{(t)} = e^{-\lambda t} \text{ и } a_{(t)} = \lambda * e^{-\lambda t}. \quad (6)$$

При соединении элементов системы по схеме, приведённой на рисунке 1, условие работоспособности нашей системы – работоспособность элементов $\overline{1, n}$. Тогда вероятность безотказной работы системы при основном (последовательном) соединении элементов равна

$$P_{(t)} = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (7)$$

где n – число элементов в системе;

$P_i(t)$ – вероятность безотказной работы i -го элемента.

Рассмотрим простой пример. Система состоит из $N = 5$ блоков. Надежность блоков характеризуется вероятностью безотказной работы в течение времени t , которая равна: $p_1(t) = 0,95$; $p_2(t) = 0,96$; $p_3(t) = 0,99$; $p_4(t) = 0,975$; $p_5(t) = 0,955$. Тогда вероятность безотказной работы системы определяется как:

$$P_{(t)} = \prod_{i=1}^n P_i(t) = 0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,975 \cdot 0,955 = 0,858.$$

Также существует резервное подключение элементов системы, или параллельное (рисунок 2). Оно используется в основном для того, чтобы повысить надежность работы системы, особенно в тех случаях, когда подсоединённых элементов большое количество. Виды резервирования подразделяются на несколько основных:

- общее;
- раздельное;
- смешанное.

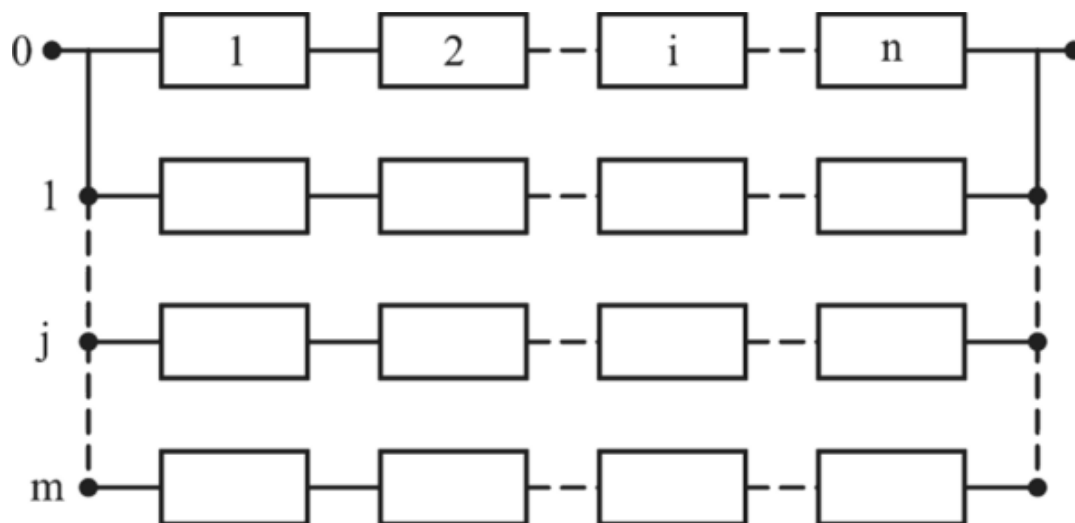


Рисунок 2 – Пример схемы общего резервирования

При проведении общего резервирования резервируется вся система. При этом все элементы работают на тех же настройках и в тех же режимах, и система является работоспособной до тех пор, пока работоспособна хотя бы одна из резервных веток системы. Данный способ можно назвать одним из самых надёжных и простых, но при этом он также является самым затратным, так как из чем большего количества элементов состоит наша система, то, соответственно, требуются гораздо большие затраты на оборудование и поддержание её работоспособности. Соответственно, он применяется при небольшой кратности резервирования.

Также есть различия по способу включения резервных элементов. Различают постоянное резервирование и резервирование замещением. В первом случае подключенные резервные элементы находятся в одинаковом режиме с основным и подключены к нему в течение всего времени работы. При резервировании замещением резервный элемент подключается вместо основного только в том случае, когда он вышел из строя и, соответственно, выполняет его функции [2].

Расчёт вероятности отказа системы с постоянным включением резерва имеет такой вид:

$$Q(t) = \prod_{j=0}^m Q_j(t) = \prod_{j=0}^m [1 - P_j(t)]. \quad (8)$$

Безотказность работы j -й резервной цепи, содержащей n элементов, находится как:

$$P_j(t) = \prod_{j=0}^m P_{ij}(t). \quad (9)$$

На основе выражений 8 и 9 получаем:

$$P_{(t)} = 1 - \prod_{j=0}^m \left[1 - \prod_{j=0}^m P_{ij}(t) \right]. \quad (10)$$

Таким образом, при расчёте надёжности систем учитываются ряд критериев, такие как интенсивность отказов и частота отказов системы. Однако данные показатели применимы в первую очередь для последовательной структуры системы, которая в области работы с системами управления самая ненадёжная, так как при большом количестве элементов система выйдет из строя при прекращении работы хотя бы одного из них. В итоге проблема надёжности систем с большим количеством объектов может быть решена за счёт резервирования некоторых объектов, надёжность которых в системе наименьшая. Это значительно повысит надёжность работы системы при меньших затратах на оборудование, но потребует больших расчётов, в особенности если резервные и основные объекты работают в разных режимах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шкляр, В. Н. Надёжность систем управления: учебное пособие / В. Н. Шкляр; Томский политехнический университет. – Томск : Изд. Томского политехнического университета, 2009. – 126 с.
2. «Расчёт надёжности неремонтируемых систем при проектировании» [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://studylib.ru>.

УДК 658.512.2

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВЫБОРА ТИПОРАЗМЕРА ТОКАРНОГО РЕЗЦА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ И УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Кудрицкий Я. В., Левданский А. М., Ялковский Н. С.
Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь*

Объектом исследования выступает автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства.

Целью работы является выявление возможности автоматизированного выбора типоразмера токарного проходного резца на этапе проектирования технологических операций механической обработки.

В ходе выполнения работы был разработан и апробирован алгоритм выбора типового токарного резца из подготовленной базы данных, с учетом заданных