

ОБОБЩЕННЫЙ ПАРАМЕТР КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Предложено новое математическое выражение обобщенного параметра, позволяющего наиболее эффективно оценивать запас функциональной надежности режимов работы технического объекта.

Ключевые слова: функциональная надежность, обобщенный параметр, метрическое пространство, центральный пост управления.

Централизация контроля и управления сложными техническими объектами поставили операторов центральных постов управления (ЦПУ) перед необходимостью одновременного контроля большого количества физических параметров различной природы, характеризующих режимы работы объектов. Это усложнило анализ и оценку их состояния, а, следовательно, и операции по оперативному управлению [1].

Поэтому для обеспечения эффективного контроля функционирования объекта из ЦПУ оператор не должен перегружаться излишней информацией, и в то же время, у него должно формироваться комплексное представление о состоянии всего объекта контроля. Для этого можно использовать специальный определяющий параметр, который полностью характеризовал бы все основные стороны рабочего процесса [2]. Однако, такой параметр для объекта обычно трудно найти, в этом случае можно использовать принцип обобщенного параметра Кош [3].

Идея обобщенного параметра заключается в том, что процесс функционирования объекта, который характеризуется многомерностью описания, заменяется одномерной функцией. Такая функция, построенная искусственно, обычно не имеет конкретного физического смысла, потому что, в основном, все способы задания обобщенного показателя основываются на использовании комбинаций нормиро-

ванных числовых характеристик параметров, характеризующих технического состояние объекта.

К обобщенному параметру предъявляются требования:

1. Коп должен обеспечить возможность получения обобщенной оценки технического состояния объекта.

2. Коп должен обладать большой информативностью, поскольку позволяет рассматривать достаточно большой объем информации и резко сокращать большие массивы информации, делая их комплексными и наглядными.

3. При сведении массива информации в Коп не должны теряться индивидуальные черты отдельных параметров объекта.

4. Коп должен отражать влияние на объект параметров различной природы.

5. Каждый из сомножителей непосредственно связан с определенной цепью передач того или другого внешнего возмущения. Изменение любого из показателей ведет к изменению Коп.

Известно множество математических выражений обобщенного параметра Коп, но все они построены на принципе средней величины, а потому обладают недостатками, которые трудно компенсировать, например, флуктуация параметров, при которой происходит одновременное снижение одного и увеличение другого параметров в одинаковое количество раз, в результате чего обобщенный параметр своего значения не изменяет, что снижает его информативность [3].

Целью работы является получение математического выражения Коп, отражающего особенности функционирования исследуемых объектов. Для разработки такого параметра использовано свойство метрического пространства. Чтобы уйти от недостатков обобщенного параметра, реализованного с помощью принципа средней величины, найдено выражение Коп, которое, исходя из диалектического понимания, обладает свойствами категорий общего и индивидуального. В результате получено выражение для определения обобщенного параметра Коп, имеющее следующий вид:

$$K_{оп} = \frac{\left(\prod_{i=1}^n \hat{x}_i^{\mu_i}\right) n^{\frac{1}{2}}}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\hat{x}_i^{\mu_i}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

где: i – количество параметров; \hat{x}_i – нормированное значение параметра; μ_i – вес каждого параметра; n – количество учитываемых параметров.

Физический смысл выражения $K_{оп}$ заключается в том, что числитель в нем представляет собой площадь или объем в многомерном пространстве в зависимости от количества параметров и меняется по квадратичной (для двух параметров), кубической (для трех параметров) или n -мерной (для n – параметров) зависимости, а знаменатель представляет собой длину диагонали фигуры, меняющейся по линейной зависимости.

В связи с тем, что тот или иной режим работы технического объекта характеризуются параметрами различной физической природы (давление, температура, напряжение, частота и другие), которые имеют различную размерность, все параметры приводятся к единой системе счисления, в которой они могут сравниваться. Такой системой является система безразмерного (нормированного) относительного счисления.

Если для каждого параметра x_i , $i = 1...n$, имеется возможность выделить текущее значение $x_i(t)$, допустимое значение x^* , при достижении которого объект теряет работоспособность, и оптимальное (номинальное) $x_{опт}$, то безразмерный параметр можно записать в виде [3]:

$$x_i(t) = \frac{x_i(t) - x_{опт}}{x^* - x_{опт}}, \quad (2)$$

где: $0 \leq x_i(t) \leq 1$

При $x_i(t) = x_{опт}$ нормированное значение будет равно единице $\hat{x}_i(t) = 1$; при $x_i(t) = x^*$ нормированное значение будет равно нулю $\hat{x}_i(t) = 0$. При помощи выражения (2), нормируется параметр $x_i(t)$, а безразмерная нормированная величина изменяется с течением вре-

мени от 1 до 0. Отсюда по величине параметра \hat{x}_i можно судить о запасе работоспособности объекта поданному параметру в данном режиме.

Количественные изменения параметров не являются равнозначными по степени влияния на изменение режима работы объекта, поэтому их дифференцируют по степени важности. Степень влияния каждого параметра на рабочий режим объекта оценивается с помощью введения положительных весовых коэффициентов контролируемых параметров, которые могут быть определены, например, с помощью метода экспертных оценок.

Параметрам объекта x_1, x_2, \dots, x_n соответствуют весовые коэффициенты $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$, которые удовлетворяют тем или иным заданным критериям, при чем $0 < \mu_i < 1$. Весовые коэффициенты μ_i , имеющие наибольшее значение, соответствуют параметрам, оказывающим наибольшее влияние на бесперебойность работы объекта, а значит и на коэффициент обобщенного параметра.

Допустим, что в системе контролируется два параметра x_1 и x_2 для которых необходимо определить обобщенный параметр (Рис. 1).

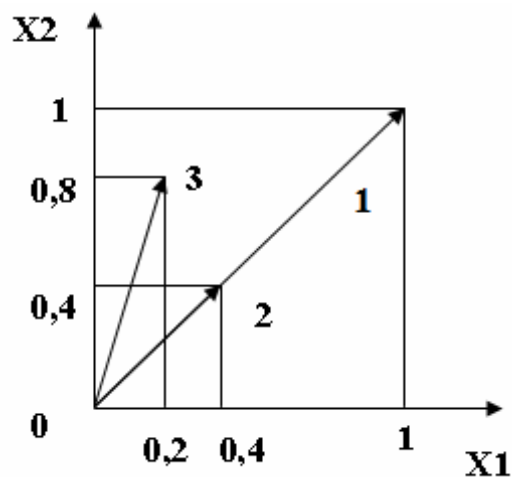


Рисунок 1 - Графическое представление обобщенного параметра:

- 1- номинальный режим,
- 2- оба параметра имеют одинаковые значения,
- 3- один параметр увеличился, а другой уменьшился в 2 раза

Очевидно, что изменение рабочего режима объекта приведет к изменению величины обобщенного параметра $K_{оп}$. При этом увеличение обобщенного параметра говорит об увеличении запаса функ-

циональной надежности данного режима работы объекта и наоборот. Поэтому, зная граничные области изменения входящих в Коп параметров (они регламентированы требованиями нормативных документов), можно количественно определять запас функциональной надежности режима работы объекта.

Любое изменение параметра x_i ведет к изменению координаты вектора, а значит и диагонали фигуры, поэтому при одинаковых площадях (объемах) будут разные диагонали, а значит и значение их отношений (Коп). Это свойство позволяет избавиться от такого негативного свойства как флуктуация. В предложенном выражении Коп флуктуации не влияют на величину параметра за счет заложенного в нем принципа изменения соотношения между вариациями площади (объема) фигуры и ее диагонали, который позволяет выявить изменения параметров в ту или иную стороны от среднего на одну и ту же величину по отношению площади (объема) фигуры. Благодаря имеющейся закономерности, при линейном увеличении диагонали, площадь (объем) меняется по квадратичной (кубической или n -мерной зависимости) зависимости.

Для подтверждения вышесказанного сравним два случая. В первом случае допустим, что $x_1=x_2=0,4$. Длина гипотенузы в этом случае равна 0,52, а площадь равна 0,16. Допустим, что во втором случае параметр x_1 уменьшился в два раза $x_1=0,2$, а параметр x_2 увеличился в два раза $x_2=0,8$. Длина гипотенузы в этом случае увеличится и будет равна 0,82, а площадь останется прежней 0,16. Как видим из приведенного примера, при равных площадях в первом и втором случае, значительное отклонение одного из параметров привело к значительному отклонению гипотенузы, а значит, и к изменению Коп. В выражении Коп выход любого параметра за допустимые пределы, т.е. $\hat{x}_i(t) = 0$, приводит к равенству Коп = 0. Исходя из физического смысла при достижении нуля любым из нормированных параметров \hat{x}_i объект теряет запас надежности. Из формулы (2) для обобщенного параметра следует, что составляющая $n^{1/2}$ позволяет Коп принимать значение единицы в нормальном режиме, что отвечает физическому смыслу.

Из анализа математического выражения Коп видно, что чем ближе обобщенный параметр к единице, тем выше запас функцио-

нальной надежности (стабильности) режима работы объекта, и чем ближе $K_{оп}$ к нулю, тем этот запас меньше. Таким образом: при всех $\hat{x}_i = 1$, обобщенный параметр будет равен единице $K_{оп} = 1$ (нормальный режим), при любом $\hat{x}_i = 0$ обобщенный параметр будет равен нулю $K_{оп} = 0$ (предаварийное состояние режима).

Движение годографа вектора $K_{оп}$ в пространстве состояний описывает некоторую траекторию, которая позволяет исследовать поведение объекта в прошлом, настоящем и в будущем, т.е. обобщенный параметр позволяет определить не только запас работоспособности многопараметрического объекта в исследуемом режиме, но и проследить характер изменения его работоспособности во времени.

В заключение можно сделать вывод о высокой информативности данного выражения обобщенного параметра, применение которого позволит получить представление о работе сложного объекта и оценить запас его функциональной надежности в различных режимах работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амбросовский В.М., Белый О.И., Скороходов Д.А., Турусов С.Н. Интегрированные системы управления технических средств транспорта. Учебное издание.- СПб.: Элмор, 2001.- 288 с.
2. Чапкис Д.Т. Ремонтпригодность морских судов.- Л.: Судостроение, 1977.- 256 с.
3. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалеvский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры.- М.: Сов. Радио, 1974.- 224 с.