

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

Бранцевич П. Ю.

Кафедра программного обеспечения информационных технологий,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
E-mail: branc@bsuir.by

Обеспечение безаварийной работы предприятий критической инфраструктуры требует создания системы контроля технического состояния промышленного оборудования. Для сложных механизмов и агрегатов предприятий энергетики одним из важнейших параметров является вибрация. Предлагается модель системы автоматического принятия решения об аварийном отключении турбоагрегата по вибрации.

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей современных систем вибрационного контроля и мониторинга является предотвращение аварийного повреждения наблюдаемого технического объекта при внезапном возникновении неисправностей или механических повреждений в его узлах, или при существенном отклонении каких-либо технологических параметров от номинальных. Однако факт возникновения ситуации, требующей останова механизма или агрегата, во многих случаях имеет неоднозначное отображение в параметры вибрации. Стандартизованные критерии защиты отражают наиболее общие взаимосвязи, полученные на основе длительного опыта эксплуатации и исследования механизмов с вращательным движением, и далеко не всегда в полной мере могут удовлетворить эксплуатирующий и управляющий персонал [1].

Системы вибрационного контроля и защиты, построенные на базе компьютерной техники, позволяют реализовать разнообразные и сложные алгоритмы защиты, ориентированные на конкретные типы дефектов и аварийных ситуаций. Это, в свою очередь, позволяет избежать необоснованных («ложная тревога») срабатываний защитного отключения и не допустить «пропуска дефекта» [2, 3].

I. МОДЕЛЬ БАЗОВОГО ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Состояние наблюдаемого технического объекта описывается параметрами и характеристиками.

Параметр – свойство (показатель) объекта или системы, которое можно измерить. Результатом измерения параметра системы является число или величина, а саму систему можно рассматривать как множество параметров, которые требуется измерить для моделирования или оценки ее поведения. Иногда параметрами называют также величины, очень медленно изменяющиеся по сравнению с другими величинами (переменными). Примерами параметров вибрации являются: среднее квадратическое значение виброускорения (виброскорости), размах колебаний, амплитуда

колебаний на определенной частоте, вычисляемые в процессе обработки вибрационного сигнала, формируемого первичными преобразователями (датчиками), установленными на подшипниковой опоре или корпусе механизма и преобразующими механические колебания в электрический сигнал.

Характеристика – это совокупность отличительных свойств чего-либо. Характеристика в технике – есть графическое или табличное выражение зависимости одного параметра от другого, а также функция, выражающая или описывающая эту зависимость. Например, характеристикой объекта является амплитудный спектр вибрационного сигнала, возбуждаемого на корпусе подшипниковой опоры или отрезок временной реализации вибрационного сигнала.

Чтобы выполнять оценку состояния наблюдаемого объекта, требуется некая система принятия решений или поддержки принятия решений. Предлагается следующая модель базового элемента системы принятия решений по оценке состояния наблюдаемого объекта [3,4].

Входными данными базового элемента являются: x_i – значение параметра i , $i = 1 \dots N$; $w_i(y_{j,1}, \dots, y_{j,k})$ – характеристика j при дискретных значениях аргумента y_j , $j = 1 \dots M$; $w_j(y_j(t))$ – характеристика j при непрерывном значении аргумента y_j , $j = 1 \dots M$.

По отношению к входным исходным параметрам и характеристикам применяются функции первичной обработки $f_l(x_i)$, где $l = 1 \dots B$, и $g_m(w_i)$, где $m = 1 \dots C$. Причем разные функции f_l могут применяться по отношению к одному и тому же параметру x_i , а функции g_m к одной и той же характеристике w_i .

Также используются комплексные многопараметрические и многохарактеристические функции $q_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, w_l, \dots, w_m, \dots, w_p)$, где $n = 1 \dots D$; $i, j, k = 1 \dots N$; $l, m, p = 1 \dots M$.

По отношению к набору функций $f_l(x_i)$, $g_m(w_i)$, $q_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, w_l, \dots, w_m, \dots, w_p)$ применяются обобщающие функции $y_k = Q[f_l(x_i), l = 1 \dots B; g_m(w_i), m = 1 \dots C; q_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, w_l, \dots, w_m, \dots, w_p)]$, $n = 1 \dots D$; $k = 1 \dots L$. И уже по отношению к y_k

применяются разнообразные решающие функции $S_t(y_k)$, $t = 1 \dots P$.

Результат функции $S_t(y_k)$ определяет одно из возможных состояний анализируемого объекта, тип самого объекта, принимаемое решение.

II. ПРИМЕНЕНИЕ БАЗОВОГО ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВТОМАТИКЕ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ТУРБОАГРЕГАТА ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ

Реализован и прошел апробацию на ряде турбоагрегатов алгоритм защитного отключения по вибрации, в котором учитывается несколько факторов.

1. Фактор низкочастотной составляющей вибрации. Под низкочастотной вибрацией (НЧВ) понимается среднее квадратическое значение виброскорости в зоне частоты, равной половине оборотной. Сигнал защитного отключения вырабатывается в том случае, если для любой подшипниковой опоры турбоагрегата возникла следующая ситуация: СКЗ виброскорости НЧВ, измеренное для вертикального направления и для поперечно-горизонтального направления любой подшипниковой опоры, на протяжении 4-6 секунд превышает v мм/с и, при этом, хотя бы для одного из этих направлений, оно на протяжении этого же времени превышает $3v$ мм/с. Уровень v определяется типом и рабочими частотами механизма.

2. Фактор оборотной составляющей вибрации. Под оборотной составляющей вибрации понимается СКЗ виброскорости спектральной составляющей с частотой, равной частоте вращения вала (ротора) агрегата:

2.1. Величина СКЗ оборотной составляющей. Для каждой подшипниковой опоры и каждого из направлений измерения вибрации устанавливается значение СКЗ виброскорости оборотной составляющей, соответствующее аварийному уровню, который выбирается с учетом конструктивных, функциональных и эксплуатационных особенностей контролируемого механизма. Сигнал защитного отключения вырабатывается в том случае, если в четырех или более точках контроля СКЗ виброскорости оборотной составляющей превысило заданный, для соответствующей точки, аварийный уровень;

2.2. Вектор приращения оборотной составляющей. Для каждой подшипниковой опоры и каждого из направлений измерения вибрации устанавливается значение вектора приращения оборотной составляющей, соответствующее аварийному уровню. Сигнал защитного отключения вырабатывается в том случае, если в четырех или более точках измерений вектор приращения оборотной составляющей превысил заданный, для соответствующей точки измерений, аварийный уровень.

3. Фактор высокочастотной составляющей вибрации. Под высокочастотной составляющей

вибрации (ВЧВ) понимается СКЗ виброскорости в частотной полосе, нижняя граница которой равна двойной оборотной частоте, а верхняя - верхней границе частотного диапазона, в котором производится вибрационный контроль наблюдаемого механизма. Сигнал защитного отключения вырабатывается в том случае, если для любых двух направлений измерения вибрации для любой подшипниковой опоры высокочастотная вибрация превысила значение аварийного уровня, установленного для данного объекта в течение 3-6 секунд. Сигнал на защитное отключение контролируемого механизма вырабатывается в том случае, если он выработан по одному из указанных критерии, или по нескольким критериям одновременно. Для реализации данной системы принятия решения о защитном отключении в качестве входных данных применяется характеристика: $TI_j(x_0, \dots, x_{N-1})$, $j = 1 \dots M$ – дискретная временная реализация вибрационного сигнала; M – число точек контроля для наблюдаемого турбоагрегата. Для каждой подшипниковой опоры контроль вибрации осуществляется в трех направлениях: вертикальном, поперечно-горизонтальном, осевом.

Функция $g_{1,j,k}[TI_j(), dt_k]$, $j = 1 \dots M$; $k = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ оборотной составляющей вибрации $A_{CCV,j}$. Функция $g_{2,j,k}[TI_j(), dt_k]$, $j = 1 \dots M$; $k = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления фазы оборотной составляющей вибрации $Faz_{CCV,j}$. Функция $g_{3,j,k}[TI_j(), dt_k]$, $j = 1 \dots M$; $k = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ низкочастотной вибрации. Функция $g_{4,j,k}[TI_j(), dt_k]$, $j = 1 \dots M$; $k = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ высокочастотной вибрации. Функция $f_{1,j,k}(A_{CCV,j}, Faz_{CCV,j}, dt_{k-1}, dt_k)$, $j = 1 \dots M$; $k = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления вектора приращения оборотной составляющей вибрации.

Результатом обобщающих функций первого и второго уровня является решение о срабатывании защитного отключения.

III. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей: СТП 33240.20.501-23. – 3-е изд. – Минск : Белэнерго, 2023. – VI, 477 с.
2. Бранцевич, П. Ю. Компьютерные системы и комплексы обработки вибрационных сигналов / П. Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2023. – 282 с.
3. Бранцевич, П. Ю. Оценка технического состояния механизмов с вращательным движением на основе анализа вибрационных характеристик пусков и выбегов / П. Ю. Бранцевич. – Минск : Четыре четверти, 2021. – 236 с.
4. Brancevich, P. Y. Implementation of Decision-Making Systems Based on a Typical Decisive Element / P. Y. Brancevich // Doklady BGUIR. – 2023. – Vol. 21, – № 5. – P. 96-103.