

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОТСТРОЙКИ РОТОРОВ ОТ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ С ПОМОЩЬЮ СИМПЛЕКС-МЕТОДА

*Симоновский В.И., профессор,
Угличев А.С., аспирант, СумГУ, г. Сумы*

Предложен способ отстройки от критических частот, заключающийся в изменении параметров ротора в рамках допустимых пределов таким образом, чтобы критические частоты были максимально удалены от диапазона рабочих частот ротора.

В качестве примера рассмотрен ротор турбокомпрессора. Диапазон рабочих частот данного ротора лежит между первой и второй критическими частотами. Очевидно, что для достижения желаемого эффекта необходимо максимально уменьшить первую критическую частоту и увеличить вторую. То есть, необходимо обеспечить отстройку первой критической частоты ротора не менее 15% от минимальной частоты вращения, и второй критической частоты ротора не менее 25% от максимальной частоты вращения. Исходные параметры рассматриваемого ротора не удовлетворяют поставленным условиям, поэтому необходимо произвести отстройку.

В качестве безразмерных коэффициентов влияющих на изменение критических частот, возьмем изменение диаметра. Учитывая, что допустимый диапазон изменения величин диаметров обычно невелик (в пределах 10%), будем считать, что влияние такого изменения на критические частоты будет линейным. Очевидно, что на каждом участке ротора, изменение диаметра будет по-разному влиять на критическую частоту. Таким образом, для изменения диаметров целесообразно выбрать те участки, коэффициент влияния на которых будет максимальным.

В результате проведенных численных экспериментов были установлены следующие закономерности: максимальный коэффициент влияния на критическую частоту достигается для участка вала, расположенного в области максимума i -ой формы колебаний. Таким образом, целесообразно рассматривать изменения диаметров именно на этих участках.

Находим коэффициенты влияния для каждой частоты на первом и втором участках. Диапазон изменения диаметра – 10%.

Изменяя диаметры в указанных пределах на первом участке и линеаризуя найденные результаты, получаем график зависимости относительного изменения частот от относительного изменения диаметров.

Аналогичные расчеты проводим на втором участке.

Коэффициенты наклона прямых на данных графиках и будут искомыми коэффициентами влияния.

Задача отстройки ротора в данном случае заключается в том, чтобы уменьшить первую критическую частоту и увеличить вторую. Но очевидно, что при уменьшении первой критической частоты с помощью изменения диаметров вала неизбежно будет уменьшаться и вторая. Аналогично, при увеличении второй критической частоты первая также будет увеличиваться. Таким образом, задача отстройки сводится к нахождению таких приращений диаметров на заданных участках, чтобы диапазон между первой и второй критическими частотами был максимальным. Такая задача является обычной задачей линейного программирования. Из этих соображений можем сформулировать функцию цели:

$$\Phi(\eta_1, \eta_2) = K_{21}\Delta\eta_1 + K_{22}\Delta\eta_2 - K_{12}\Delta\eta_2 - K_{11}\Delta\eta_1 \Rightarrow \max \quad (1)$$

при ограничениях

$$-0,1 \leq \eta_1 \leq 0,1, \quad -0,1 \leq \eta_2 \leq 0,1. \quad (2)$$

Здесь K_{ij} – коэффициент влияния малого приращения диаметра на частоту, i – номер критической частоты; j – номер участка, $\Delta\eta_j$ – безразмерный коэффициент изменения диаметра.

В результате использования программы, реализующий симплекс-метод подставляя найденные коэффициенты влияния получаем оптимальные приращения диаметров на каждом участке.

Таким образом, для отстройки ротора от критических частот необходимо на каждом из рассматриваемых участков уменьшить выделенные диаметры вала на максимальную допустимую величину. Ротор с найденными диаметрами имеет собственные частоты, которые удовлетворяют поставленному условию.

Список литературы

1.Симоновский В.И. Коррекция спектра критических скоростей ротора с помощью коэффициентов чувствительности. Вестник машиностроения, №12, 1976. – С.33-35.

2. Симоновский В.И. Устойчивость и нелинейные колебания роторов центробежных машин. – Харьков: Вища школа, 1986. – 128 с.