

В.А.Олейников, А.А.Ермаков

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОПОР РОТОРОВ

В данной статье рассматривается способ диагностики состояния подшипников опор методом синхронного анализа параметров вибрации ротора.

Существуют различные способы контроля состояния опор роторов газотурбинных двигателей. Наиболее распространенными из них является контроль по наличию стружки в маслосистеме и контроль теплового состояния подшипника.

Контроль по наличию стружки осуществляется специальными датчиками. Он дает достаточно точную информацию, но только после развитого разрушения подшипников (сколы, инансы). При данном методе контроля предотвращаются крупные аварии, но агрегат, как правило, выходит из строя с повреждением элементов диска, вала и опоры, что требует больших затрат на ремонт.

В отличие от контроля по наличию стружки контроль теплового состояния подшипников позволяет выявить отклонения в работе подшипникового узла на более ранней стадии [1]. Этот способ диагностики, в силу инерционности процесса теплообразования и теплопередачи, хотя и используется для аварийных отключений агрегата, но не защищает опоры от разрушений.

Необходим дифференцированный анализ причины нагрева опор в процессе работы агрегата, так как повышение температуры опор может быть вызвано одновременно суммой факторов, каждый из которых не превышает допустимого уровня.

С целью сокращения времени определения состояния опор используется спектральный анализ вибрации агрегатов. Из сигнала вибрации выделяют амплитуды в полосе информативных частот и определяют состояние подшипников по величине амплитуд выделенных частот [2, 3]. Однако этим способом можно выявить только наличие ударов в результате разрушения опор.

С целью определения наиболее ранних стадий разрушения подшипников нами предлагается способ диагностики состояний опор роторов, основанный на измерении изменений зазоров в подшипниках опор. По результатам теоретического и экспериментального анализа перемещений вала ротора в подшипниках опор, выполненного в [1], выявлено, что

$$C = \frac{\mu \omega}{\psi^3} \frac{L \delta S}{\delta x},$$

где C - коэффициент жесткости; μ - динамическая вязкость масла; ω - частота вращения; $\psi = \frac{c}{z}$ - относительный зазор; c - зазор; z - радиус вала; L - рабочая длина подшипника; S - перемещение вала.

Из выражения видно, что коэффициент жесткости пропорционален активной длине подшипника, частоте вращения, вязкости масла и обратно пропорционален кубу относительного зазора. Отсюда следует вывод, что амплитуда перемещений вала в опоре прямо пропорциональна кубу относительного зазора.

Так как частота перемещения близка $\omega_{см} \approx \omega/2$ [1], т.е. $\omega_{см} < \omega$, то при синхронном анализе можно зарегистрировать изменение амплитуды и фазы первой роторной гармоники, вызванное смещением центра тяжести ротора относительно центра подшипника опоры. Причем это изменение, пропорциональное смещению ротора, прямо пропорционально кубу зазора и потому может быть использовано для регистрации появления неравномерного износа и других изменений в геометрических размерах подшипников опор и, главное, для количественной оценки изменения зазоров в подшипниках опоры.

Поскольку частота перемещений ротора в опоре в 2 раза ниже частоты вращения ротора, то при замерах амплитуды и фазы роторной гармоники соседних оборотов и их сравнении можно получить разностный сигнал, характеризующий зазор в подшипниках опоры.

Время получения данной информации соответствует двум оборотам ротора и в реальных условиях не превышает 0,1 с.

Для реализации выявленных нами возможностей изменения зазоров понадобилось разработать устройство, измеряющее амплитуду роторной гармоники в течение одного периода. Существующие следящие анализаторы с этой задачей не могут справиться, так как в реальных газотурбинных агрегатах скорость вращения ротора изменяется. Это влечет за собой не только плавное изменение амплитуды и фазы первой роторной гармоники от оборота к обороту, но и скачкообразные изменения, связанные с погрешностью работы умножителей, работающих в следящих анализаторах. Погрешность умножения обусловлена тем, что длительность двух соседних периодов может отличаться на $\pm 5\%$, а так как опорные импульсы, формирующие ортогональные напряжения, используемые в умножителях анализаторов, вырабатываются по длительности предыдущего пе-

риода, то погрешность умножителей достигает $\pm 10\%$ от величины амплитуды роторной гармоники. Это соизмеримо с изменением амплитуды и фазы роторной гармоники, вызванным зазором в подшипнике опоры.

С целью исключения погрешности, связанной с динамикой агрегатов, в качестве опорного генератора для следящего анализатора роторной гармоники используется управляемый делитель текущего временного интервала.

Принцип работы этого делителя основан на вычислении длительности предстоящего периода по двум измеренным предыдущим периодам. Применение управляемого делителя текущего временного интервала исключило погрешность умножителей и дало возможность однозначно связать результат измерения с зазорами в подшипниках опор.

Устройство для определения состояния опор роторов включает также измерители средних значений нестационарных сигналов [4], позволяющие определять результат измерения в течение одного периода, и схему сравнения полученных результатов за 2-3 последовательных оборота ротора.

Л и т е р а т у р а

1. Брановский М.А., Лисицын И.О., Сивков А.П. Исследование и устранение вибраций турбоагрегатов. - М.: Энергия, 1969, с. 82.

2. МЕРА ЮА. *Shock pulse meter manual*, "SKF". 1971.

3. А.с. 771473 (СССР). Способ контроля состояния подшипников качения в процессе эксплуатации и устройство для его реализации. /С.И.Захаров. - Опубл. в Б.И., 1980, № 38.

4. А.с. 1073706 А (СССР). Способ измерения средних значений нестационарных сигналов /В.А.Медников, А.Н.Порьнов, В.А.Олейников.- Опубл. в Б.И., 1984, № 6.

УДК 621.824; 62.762

Ф.В.Наравай, В.А.Борисов

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬЦЕВЫХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МР

Кольцевые упругие элементы из МР широко используются в уплотнениях и виброгасителях для восприятия радиальных нагрузок. Перспективным способом получения таких элементов является осевое прессование, не требующее сложной оснастки. Однако при этом способе не обеспечи-