

УДК 621.385

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ АГРЕГАТОВ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОРЕЗИСТИВНЫМ МЕТОДОМ

Е. Н. БИРЮКОВ, Д. В. КОРОТКИЙ, Л. Н. ВИНОГРАДОВА
ФГБОУ ВПО «ЧЕРЕПОВЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Череповец, Россия

В связи с увеличением скоростей и оптимизацией технологических процессов современное прокатное производство характеризуется интенсификацией нагрузок на оборудование. В этих условиях большое внимание уделяется техническому состоянию наиболее подверженных износу и отказу узлов. К таким узлам относятся подшипниковые опоры. Для решения задач по определению их технического состояния наиболее широкое распространение получили различные методы анализа вибросигналов, методы диагностирования на базе продуктов износа, тепловые и кинематические.

Существует ряд причин по которым определение технического состояния вышеприведенными методами крупногабаритных опор скольжения вызывает технические трудности [1].

Благодаря фундаментальным работам большого круга ученых, достигнуты значительные успехи в области развития электропараметрических методов диагностирования, использование которых позволяет оперативно обнаружить развивающуюся неисправность подшипника, оценить степень ее значимости и предпринять меры к предотвращению незапланированной остановки производственного процесса.

В основу описываемого метода заложен диагностический признак – активное электрическое сопротивление, оцениваемое с помощью полученного непосредственно из зоны трения подшипника скольжения информационного электрорезистивного сигнала.

Основными оставляющими электрического сопротивления подшипника R_{Σ} считаются сопротивление стягивания $R_{СТ}$ и сопротивление смазочной пленки $R_{СП}$ [2, 3].

$$R_{\Sigma} = R_{СТ} + R_{СП} . \quad (1)$$

В условиях жидкостной смазки, характерной для большинства рассматриваемых подшипников, влияние сопротивления стягивания на общее сопротивление незначительно. Схему замещения смазочного слоя можно представить в виде параллельного соединения идеальных: активного сопротивления R_I и емкости C_I (рис. 1).

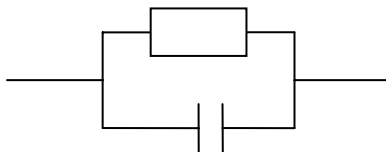


Рис. 1. Схема замещения смазочного слоя

Считая, что через узел протекает постоянный ток, обеспечиваемый стабилизированным источником, можно пренебречь учетом емкости смазочного слоя подшипника. Поэтому можно рассматривать обобщенную схему, содержащую одну ячейку – активное сопротивление.

Активное сопротивление смазочного слоя определяется толщиной гидродинамической пленки, разделяющей рабочие поверхности и удельным электрическим сопротивлением смазочного материала. Согласно теоретическим представлениям, при уменьшении толщины слоя жидкого диэлектрика, его удельное сопротивление и электрическая прочность должны возрасти, поскольку количество примесей, способных образовывать проводящие мостики, уменьшается. Однако экспериментальные испытания подтвердили данную гипотезу только для толщин слоя 10^{-5} – 10^{-3} м, для более тонких пленок удельное сопротивление существенно не изменяется, а величина активного сопротивления имеет близкую к линейной монотонную зависимость от толщины [1]:

$$R_{СПТ} = \rho_{см} \cdot \frac{h}{S_h}, \quad (2)$$

где h – толщина смазочной пленки; $\rho_{см}$ – удельное сопротивление смазочного материала (составляет 10^5 – 10^{13} Ом·м для наиболее часто применяемых синтетических и турбинных масел); S_h – площадь, на которой толщина смазочной пленки равна h .

При разделении поверхностей только граничным слоем смазочного материала (толщина превышает значение, соответствующее началу туннельного эффекта и составляет 0,1...1 мкм) наблюдается уменьшение удельного сопротивления смазочной пленки на несколько порядков [2, 3].

При работе в условиях минимальных толщин смазочного слоя в некоторые моменты может наблюдаться продавливание пленки и контактирование наиболее высоких микровыступов рабочих поверхностей. При вращении вала шероховатые поверхности контактируют друг с другом через тонкие поверхностные смазочные пленки, поверхностное сопротивление которых составляет для рассматриваемых подшипников скольжения порядка и $\rho_{ПС} = 5 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-1}$ Ом·м². Контактное сопротивление поверхностных смазочных пленок согласно [4] определяется:

$$R_{\text{СПК}} = \frac{\rho_{\text{ПС}}}{2 \cdot n_{\text{П}} \cdot r_{\text{П}}^2} \quad (3)$$

Сопротивление стягивания $R_{\text{СТ}}$, обусловленное искажениями линий тока в сечениях контактирующих тел, определяется размерами и числом пятен контакта. При контакте двух тел с одинаковым удельным сопротивлением ρ для группы круглых пятен одинакового радиуса $r_{\text{П}}$ равномерно распределенных по поверхности контакта радиусом r_k сопротивление стягивания согласно [5] определяется:

$$R_{\text{СТ}} = \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{1}{n_{\text{П}} \cdot r_{\text{П}}} + \frac{32}{3 \cdot \pi^2 \cdot n_{\text{К}} \cdot r_{\text{К}}} + \frac{32}{3 \cdot \pi^2 \cdot r_{\text{С}}} \right), \quad (4)$$

где $n_{\text{П}}$ – число пятен контакта в контактной зоне, $n_{\text{К}}$ – число групп пятен металлического контакта (кластеров), $r_{\text{С}}$ – радиус контура, охватывающего совокупность кластеров. Применяемые при заливке вкладышей баббиты и стали шейки валов имеют удельные сопротивления порядка 10^{-7} Ом·м, поэтому влиянием $R_{\text{СТ}}$, в данном случае, можно пренебречь.

Таким образом, в описываемом методе предполагается, что при разделении поверхностей даже граничным слоем смазочного материала, сопротивление промежутка гораздо выше, чем при установлении контакта между шейкой вала и вкладышем. На основе анализа резких падений сопротивления в промежутке, можно судить о наличии предаварийной или аварийной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бирюков, Е. Н.** Метод и алгоритмы обработки электрорезистивных сигналов в системе диагностирования опорных узлов скольжения агрегатов металлургического производства: Дис... канд. техн. наук / Бирюков Е. Н. – Череповец, 2008. – 169 с.
2. **Подмастерьев, К. В.** Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения / К. В. Подмастерьев. – М. : Машиностроение - 1, 2001. – 376 с.
3. **Марков, В. В.** Электрорезистивный метод и средства диагностирования подшипников качения: Дис... канд. техн. наук / Марков В. В. – Орел, 2004. – 234 с.
4. **Jeffcott, H. H.** The lateral vibration of loaded shafts in the neighborhood of a whirling speed -the effects of want of balance [Текст] / H. H. Jeffcott // Philosophical Magazine Series 6. – 1919. – 37:304.
5. **Джонсон, К.** Механика контактного взаимодействия: пер. с англ. / К. Джонсон. – М. : Мир, 1989. – 510 с.