

оптические УФ-фильтры с заданными оптическими и физико-механическими свойствами.

Литература

1. Гайнутдинов, И.С. Интерференционные покрытия для оптического приборостроения / И.С. Гайнутдинов, Е.А. Несмелов, И.Б. Хайбуллин. – Казань: «ФЭН», 2002. – 592 с.

2. Технология тонких пленок. Справочник / Под ред. Л.Майссела, Р. Глэнга. – М.: Сов. радио, 1977. – 662 с.

Н.А. Алешкевич, С.В Короткевич, В.В. Кравченко, С.О. Бобович

**УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Беларусь**

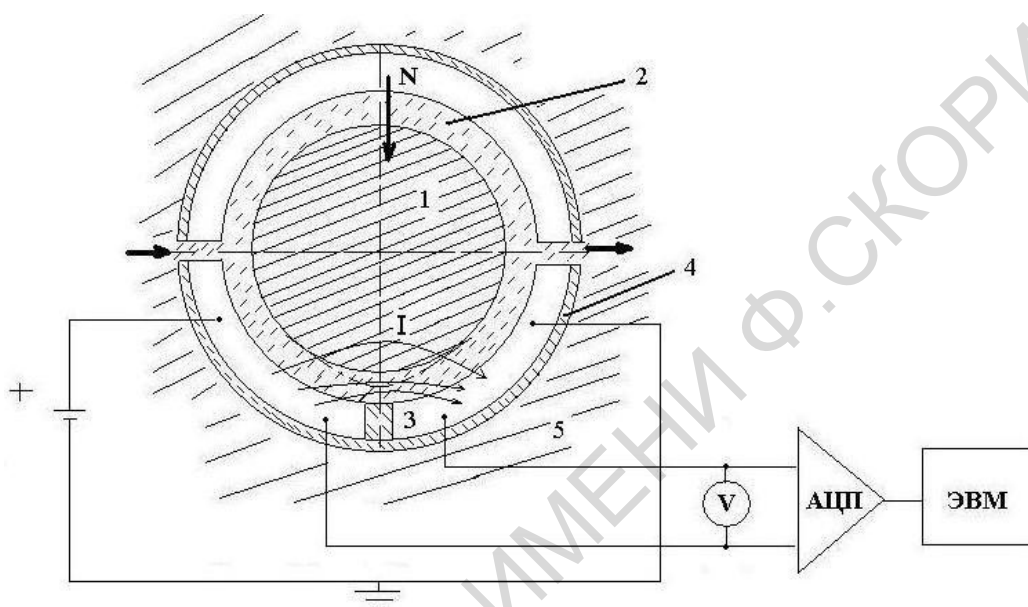
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГРАНИЧНОГО СМАЗОЧНОГО СЛОЯ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Теория строения и процессов формирования граничного смазочного слоя к настоящему времени развита слабо, в особенности это применимо к процессам экстремального трения. При нестационарном или переходном режимах работы энергетического оборудования (остановка и разгон турбины) безопасный режим эксплуатации турбины может нарушаться. Особую опасность при переходных режимах вызывают температурные изменения в узлах трения [1]. Весьма актуальной остается проблема разработка новых методов неразрушающего контроля узлов трения, позволяющих на ранней стадии обнаруживать отклонения их эксплуатационных параметров. Одним из таких методов является метод электрофизического зондирования.

Метод электрофизического зондирования состояния граничного смазочного слоя (ГСС), позволяет диагностировать наступление аварийного режима эксплуатации турбины на ранней стадии до наступления задира, схватывания и выхода ее строя. Схема разработанного метода приведена на рисунке 1.

Метод заключается в регистрации величины туннельного тока протекающего между неподвижным электродами через

металлический вал. В случае «сухого» контакта благородных материалов контактное сопротивление определяется сопротивлением стягивания линий тока из объема образца к пятну контакта. При наличии в зоне контакта сплошной смазочной прослойки его сопротивление определяется туннельной проводимостью. Снижение регистрируемых в эксперименте значений контактного сопротивления до уровня сопротивления стягивания означает разрушение ГСС.



1– вал турбины, 2 – смазочная композиция, 3 – вкладыш,
4 –изоляция вкладыша, 5– корпус опоры

Рисунок 1 – Схема диагностики опор скольжения

При уменьшении толщины смазочного слоя и появлении туннельной проводимости, ток (обозначенный на рисунке через “I”) проходит от одной электрически изолированной части опоры, на которую подаётся плюс от стабилизированного источника напряжения 50 мВ, через металлический вал к другой части опоры, которая заземлена.

Анализ состояния ГСС проводится на основании моделей поверхности раздела, которые могут иметь место в контакте [2]. Методика оценки состояния ГСС состоит из нескольких этапов.

Вначале проводится теоретический расчёт сопротивления стягивания между ротором и опорой скольжения. Известно, что поверхность контакта является источником сопротивления стягивания R_s (1).

$$R_s = \rho / 2a, \quad (1)$$

где ρ – приведенное удельное электрическое сопротивление вала и опор скольжения, a – фактический радиус пятна контакта.

Сопротивление в контакте определяется согласно теории Р. Хольма суммой R_s (сопротивление стягивания линий тока из объема материала к контурной площади) и сопротивлением пятен кластеров R_α , обусловленным стягиванием линий тока к фактическим пятнам контакта.

$$R_s = \rho / 2n\alpha, \quad (2)$$

где n – число фактических микропятен, α – фактический размер металлических микропятен.

При наличии в зоне контакта сплошной смазочной прослойки, его сопротивление определяется в основном туннельной проводимостью.

$$R_t = (10^{-14} d / a^2 \varphi^{1/2}) \exp(10,24(\varphi)^{1/2} d), \quad (3)$$

где φ – эффективная работа выхода электрона, d – толщина граничного смазочного слоя, a – радиус фактического пятна контакта.

При наличии на поверхности металла оксидных пленок контактное сопротивление определяется суммой сопротивлений стягивания (R_s) ситочного (через пятна фактического контакта – R_α) и оксидной пленки (R_f)

$$R_f = \sigma / \pi a^2, \quad (4)$$

$$R_{c теор.} = R_f + R_s. \quad (5)$$

На следующем этапе осуществляем экспериментальное измерение контактного сопротивления $R_{c кр.}$, когда ротор лежит на опоре скольжения при отсутствии смазки между ними.

Дальнейшая диагностика осуществляется посредством сравнения теоретически рассчитанного контактного сопротивления $R_{c теор.}$ с измеренными на практике значениями R_c . Достижение критического значения $R_{c кр.}$ означает задевание ротора об опору скольжения и разрушение турбины.

Данный метод позволяет в динамике отслеживать критические состояния узлов трения энергетического оборудования. На предварительной стадии разрушения ГСС, когда измеренное сопротивление R_c становится меньше значения нижней границы регистрируемого сопротивления, и наблюдается переход от гидродинамического режима трения к граничному, может сработать

сигнализация в системе управления турбиной, что позволит предотвратить ее выход из строя.

При аварийном режиме регистрируемое по четырёхпроводной схеме R_c превышает $R_{c\text{кр}}$ на некоторую величину R_t , рассчитанную по формуле (3). Дальнейшее снижение регистрируемого значения контактного сопротивления до уровня сопротивления стягивания означает разрушение ГСС. Снижение значений контактного сопротивления до уровня рассчитанного нижнего предела туннельного сопротивления означает начало разрушения мономолекулярного слоя смазочного материала.

Контроль состояния ГСС позволяет управлять режимом эксплуатации роторной машины при критических режимах (пуск, остановка, масляное голодание, критические нагрузки). При наступлении аварийного режима эксплуатации должна быть реализована система обратной связи – включаются насосы, обеспечивающие подачу смазочного материала в зону трения под большим давлением, либо изменяется нагрузка на валу ротора или его скорость, а возможна реализация сразу всех возможных вариантов.

Таким образом, используя метод электрофизического зондирования состояния ГСС можно еще на ранних стадиях диагностировать наступление аварийного режима эксплуатации узлов трения энергетического оборудования.

Литература

1. Ханович, М.Г. Опоры жидкостного трения и комбинированные/ М.Г. Ханович. – Л.: Машгиз. – 1960. – 272 с.
2. Кончиц, В.В. Электрическая проводимость точечного контакта при граничной смазке / В.В. Кончиц // Трение и износ. – 1991. – № 3. – С. 465–475.

Д.А. Антонович, В.Г. Залесский

УО «Полоцкий государственный университет», Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАТЕРИАЛЫ

Введение

Ионно-плазменные технологии являются перспективными для управляемой модификации свойств поверхностей материалов [1]. При