



УДК 621.313.32; 681.7.068.

ЛЕВИЦКИЙ А.С., канд. техн. наук,
Ин-т электродинамики НАН Украины, г. Киев

ИЗМЕРИТЕЛЬ БИЕНИЙ ВАЛА ГИДРОГЕНЕРАТОРА С ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫМ ТРАКТОМ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА

Информационно-измерительные системы (ИИС) являются одной из главных составных частей систем контроля и диагностики мощных гидро- и турбогенераторов. В ИИС измеренная информация с помощью линий связи от сенсоров передается к устройствам обработки сигналов. Эти линии связи в основном представляют собой экранированные кабели из металлических проводников, которые собираются во время монтажа на машине в многопроводные жгуты. В этих же жгутах присутствуют проводники, обеспечивающие работу устройств управления, аварийной защиты и т.д. Все это вносит помехи в каналы измерения, способствует электромагнитным наводкам в экранах и приводит к необходимости создания специальных контуров заземления.

Использование волоконно-оптических информационно-измерительных систем (ВОИИС) для измерения физических величин, в которых параметр измеряется и преобразуется в оптический сигнал с помощью волоконно-оптического сенсора (ВОС) и передается для регистрации и обработки с помощью волоконно-оптического кабеля (ВОК), позволит устранить вышеуказанные недостатки. Кроме этого, применение ВОК позволит значительно увеличить длину линий связи между сенсорами и вторичными преобразователями [3].

В данной работе предлагается новый волоконно-оптический измеритель биений вала мощного гидрогенератора.

В основе принципа действия волоконно-оптического измерителя биений положена зависимость коэффициента отражения света в сенсорном элементе от величины биений вала (Рис.1).

Оптическая схема сенсорного элемента включает в себя: трубчатый корпус 1, один из торцов которого жестко соединен с неподвижной частью генератора; световод 2, служащий для приема и передачи излучения; зеркало 3, расположенное на расстоянии z от торца световода; постоянный магнит 4, жестко связанный с корпусом 1 и зеркалом 3. Магнит 4 расположен на некотором расстоянии d от вала 5, биение которого контролируется. Так как магнит 4 неподвижен, то вращение вала 5, имеющего биение, вызовет изменение расстояния d . Разница между наибольшим и наименьшим расстоянием, измеренным за один оборот вала 5, определит величину биения.

Магнит 4 притягивается к валу 5 с некоторым усилием P , величина которого зависит от расстояния d между торцом магнита и валом

$$P = kd, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Коэффициент k зависит от материала и намагниченности самого магнита, его геометрических размеров.

В свою очередь, усилие P , приложенное к корпусу 1, вызовет растяжение трубчатого участка корпуса длиной l на величину Δl

$$\Delta l = Pl/ES, \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала корпуса 1; S – площадь поперечного сечения трубчатого участка корпуса.

Так как корпус 1, зеркало 3 и магнит 4 жестко соединены между собой, то на такую же величину Δl изменится и расстояние z .

Как известно [1], при допущении, что коэффициент отражения от зеркала равен 100%, а отражением от торца световода можно пренебречь, доля оптической мощности r (Рис. 1, б), поступающая обратно в световод после отражения от зеркала, равна

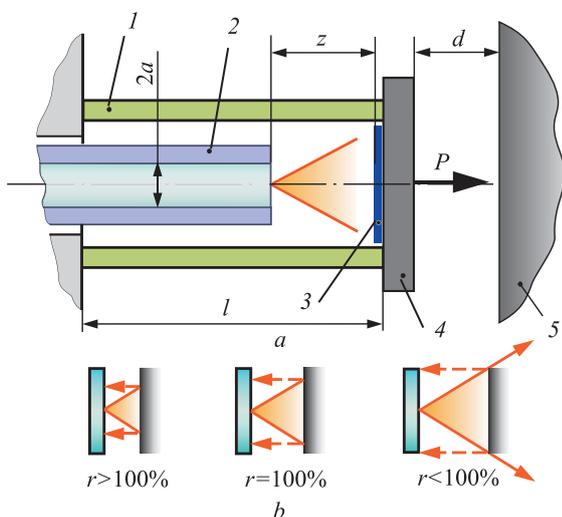


Рис. 1. Схема волоконно-оптического сенсора биений (а) и оптическая мощность отраженного света (б).



$$r = 2/\pi [1/p^2 \arcsin(p/2) + 2\arccos\{(p + 2)^{1/2}/2\} - \{(p^2 + 2)(4 - p^2)\}/8p], \quad (3)$$

где $p = 2 \cdot NA \cdot z/a$; NA – числовая апертура, характеризующая расходимость света на выходе из световода; a – радиус сердцевины световода (Рис. 1).

Числовая апертура NA волокна – это синус максимального угла падения луча по отношению к оси волокна (синус максимального входного угла оптоволокна), при котором свет входит в сердцевину и далее распространяется по волокну [2]. NA определяется как разница показателей преломления сердцевины и оболочки,

$$NA = \frac{1}{\eta_0} \sqrt{\eta_1^2 - \eta_2^2}, \quad (4)$$

где η_0 – показатель преломления окружающей среды (для воздуха $\eta_0 = 1$); η_1 – показатель преломления волокна сердцевины; η_2 – показатель преломления волокна оболочки.

Для одномодового волокна значение NA , как правило, порядка 0,1, но может варьироваться в пределах примерно от 0,05 до 0,4. Многомодовые волокна обычно имеют более высокую числовую апертуру, например, 0,3. Более высокие значения NA возможны для фотоннокристаллических волокон.

Уравнения (1)–(4) определяют функцию преобразования оптического сенсора.

В работе [1] показано, что зависимость оптической мощности отраженного света r от расстояния z между торцом световода и зеркалом $r = f(z)$ в интервале значений $a < r < 3a$, где a – радиус сердцевины оптического волокна, близка к линейной. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании сенсора.

На Рис. 2 показана структурная схема всего измерителя, который состоит из волоконно-оптического сенсора 1, волоконно-оптического кабеля 2, волоконно-оптического разветвителя 3, светового диода 4, фотоприемного устройства 5, индикатора 6 и контролируемого вала 7.

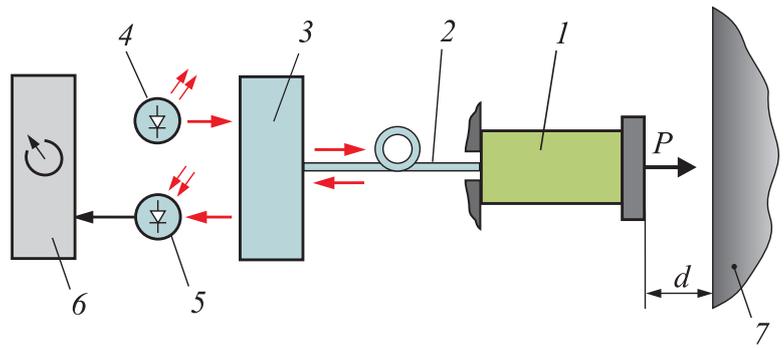


Рис. 2. Схема волоконно-оптического измерителя биений

Устройство работает следующим образом:

От лазерного светоизлучающего диода 4 через волоконно-оптический разветвитель 3 и волоконно-оптический кабель 2 на вход волоконно-оптического сенсора 1 поступает световой сигнал. Сигнал отраженного света, пропорциональный расстоянию z и, соответственно, расстоянию d между сенсором 1 и валом 7, с выхода сенсора 1 через кабель 2, разветвитель 3 поступает на фотоприемное устройство 5. Преобразованный в электрическое напряжение этот сигнал усиливается и подается на вход индикатора 6.

Все компоненты схемы измерителя являются типовыми (кроме сенсора) и серийно выпускаются различными фирмами.

Выводы

Предложенный измеритель может найти применение для контроля биений валов в мощных гидрогенераторах при воздействии сильных электромагнитных полей, загрязнении среды парами масла и воды, а также пылью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неугодников А., Поспелов В. Волоконно-оптический датчик деформации // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. – 2006. – № 1. – С. 74–75.
2. Числовая апертура оптоволокна. http://laser-portal.ru/-content_626/.
3. Левицкий А.С., Федоренко Г.М. Повышение надежности, безопасности эксплуатации мощных гидрогенераторов путем использования волоконно-оптических информационно-измерительных систем. / Гидроэнергетика Украины. – 2011. – №3-4. – С. 18-22.

© Левицкий А.С., 2012

