

УДК 621.224.7

А.В. Горонков (6 курс, каф. ГМ), В.А. Умов, к.т.н., проф.

## УСТРОЙСТВО ОДНОВРЕМЕННОГО ЗАМЕРА СИЛ И МОМЕНТОВ НА РОТОРЕ ГИДРОМАШИНЫ

Устройство для измерения нагрузок на валу гидромашин позволяет производить одновременные замеры осевых и радиальных сил, а также крутящего момента на роторе агрегата. Так как измерения ведутся в двух сечениях вала, то удастся определить и плоскость действия радиальной силы.

Специальный измерительный вал установлен с помощью двух опор качения. Первая (нижняя) опора — радиальный шариковый подшипник, наружное кольцо которого опирается на внутреннюю поверхность стакана, который, в свою очередь крепится в корпус. Вторая опора — два радиально-упорных подшипника, установленных в «распор». Особенностью измерительного вала с наружным диаметром 70 мм является два ослабленных сечения в нижней консольной его части. Толщина стенок в них — 1,1 и 2,65 мм, соответственно. С наружной стороны вала в обоих сечениях наклеены тензодатчики, соединенные по мостовой схеме. Наличие двух участков измерения позволяет определить чистые изгибающие моменты, если такие имеются, от радиальных усилий, действующих на рабочее колесо. Для исключения попадания воды на тензодатчики был сделан защитный кожух, в нижней части которого была закреплена резиновое кольцо. Провода от тензодатчиков были протянуты к сечению промежуточному между сечениями, где через малые отверстия они были введены внутрь полого вала и подняты в верхнюю часть на торец полого вала электрической машины к передающему устройству телеметрического комплекса ТДК-8 (ТДК-8 — телеметрический диагностический комплекс восьмиканальный).

Радиотелеметрическая система состоит из преобразователя пульсаций сопротивления тензорезисторов в частотномодулированные колебания, выполненного на основе управляемого автогенератора на транзисторной р-п-р-п структуре, и индуктивно связанного с ним приемного устройства.

Комплекс предназначен для бесконтактного съема информации о статических и динамических параметрах: напряжениях, давлениях, моментах, виброускорениях и усилиях на вращающихся узлах машин с полым валом, в том числе, и энергетических (модельных или натуральных).

Передача и прием информации по всем восьми каналам осуществляется параллельно и непрерывно во времени. Возможно оперативное включение и выключение комплекса без останова агрегата.

Съем информации и подача питания на аппаратуру, укрепленную на роторе, производится бесконтактным способом.

Экспериментально показано, что система нечувствительна к электромагнитным полям и сама не создает электромагнитных помех.

Передающее устройство комплекса располагается на свободном торце полого вала, или в зоне соединения валов и обеспечивает следующее. возможность одновременной передачи сигналов от группы датчиков через одну антенну с помощью частотного разделения каналов;

балансировку и калибровку каждого канала; работоспособность при частотах вращения до 3000 об/мин.

Приемное устройство располагается на расстоянии до 5 м от передающего и обеспечивает: фильтрацию помех; демодуляцию и усиление сигнала; одновременную выдачу в аналоговой форме 8-ми статодинамических сигналов (I режим) или отдельную выдачу 8-ми статических и 8-ми динамических сигналов с разными масштабными коэффициентами (II режим), что позволяет увеличивать эффективность их сравнительного анализа; сопряжение с ЭВМ, имеющей аналоговые входы, магнитофоном, и контрольно-измерительными приборами.

Основные технические характеристики комплекса: количество статодинамических каналов — 8; тип датчиков — проволочные (фольговые) тензорезисторы с сопротивлением 50...200 Ом, включенные по полумостовой или мостовой схеме; рабочий диапазон 0...10000 Гц; наименьшая измеренная величина (чувствительность относительно среднего значения сопротивления тензорезистора):  $5 \cdot 10^{-7}$  ед. отн. деф.; динамический диапазон 60 дБ; питание — внешнее от сети  $220_{-15}^{+10}$  В; 50 Гц; воздушный зазор между ротором и статором передающего устройства комплекса: 2...3 мм; относительная влажность окружающего воздуха до 90%.

По сравнению с широко известными токосъемными устройствами радиотелеметрическая система экологически чиста, обладает повышенной надежностью и чувствительностью, а также более широкими динамическими и частотными диапазонами.

Конструктивно передающее устройство многоканального комплекса состоит из двух частей: роторной и статорной.

Роторная часть жестко связана с валом энергетической машины и содержит восемь размещенных по периметру идентичных блоков преобразовательно-передающей аппаратуры; здесь же установлена аппаратура бесконтактной передачи электропитания на эти блоки.

Статорная часть включает антенну и аппаратуру бесконтактной передачи электропитания блоков.

Приемное устройство связано через разъем проводной линией со статорной частью передающего устройства и содержит фильтры и восемь однотипных приемников с блоками питания. На выходе приемников формируются аналоговые сигналы, пропорциональные величине сопротивления тензорезисторов. Полученные сигналы регистрируются и обрабатываются с помощью стандартной аппаратуры.

Многоканальный телеметрический комплекс имеет габариты и массу (масса передающего устройства — 8 кг, масса приемного устройства — 6 кг), удобен для оперативного переноса с объекта на объект, прост для монтажа и демонтажа.

Перечисленные характеристики и параметры комплекса позволяют использовать его как при решении исследовательских задач, так и при создании встроенных средств диагностирования работы машин различного назначения.

Отработка и проверка комплекса проводилась на экспериментальном образце ТДК-8, смонтированном в лаборатории гидромашиностроения СПбГТУ на модельном блоке гидротурбины. Объектом исследования была радиально-осевая гидротурбина с рабочим колесом РО-805 — прототипом рабочего колеса, использованного на Саяно-Шушенской ГЭС. Испытания выполнены на турбинном кавитационном стенде ТК-250. При этом определялись статические и динамические напряжения на лопастях рабочего колеса диаметром 250 мм. Сопоставление опытных данных с известными результатами работ других авторов, полученных ими с использованием токосъемных устройств, показало вполне удовлетворительную сходимость результатов, как по статическим, так и по динамическим напряжениям.

Следует отметить, что высокая пороговая чувствительность и широкий динамический диапазон телеметрического комплекса ТДК-8 позволяют эффективно использовать его при значительных изменениях входных сигналов. Экспериментально получены надежные результаты при изменении напоров от 2 до 24 м.