

*Д.А. Тюпа (ГП Харьковский машиностроительный завод «ФЭД», Украина)
А.И. Осмоловский, к.т.н. (Национальный авиационный университет, Украина)*

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АВИАЦИОННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Проведен анализ методов диагностирования гидроприводов для стационарных и динамических режимов работы. и рассмотрены методы неразрушающего контроля гидроагрегатов.

Развитие авиационной и ракетно-космической техники в нашей стране и за рубежом явилось мощным стимулом в проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области гидравлической автоматики и объемных гидравлических приводов. К исполнительным механизмам и гидравлическим агрегатам предъявляются весьма жесткие требования по минимализации массы и геометрических размеров при одновременном их форсировании по рабочему давлению и по частоте вращения вала. Это обуславливает необходимость пересмотра и переоценки существующих теоретических положений и практических рекомендаций[1-4].

Исследования в данном направлении невозможны без использования системного подхода, учета различных мероприятий и решения задач, которые могут привести к улучшению состояния систем, гарантировать приемлемую надежность и продление их срока эксплуатации[3-8].

При изготовлении и проведении мониторинга технического состояния (ТС) гидроагрегатов одной из наиболее актуальных является задача объективного и своевременного обнаружения дефектов различной природы и организация контроля за развитием дефектов из-за износа элементов[5,7,9-10].

К задачам, которые решаются в процессе технического диагностирования гидроагрегатов относятся следующие:

- нахождение причин отказов агрегатов и их узлов;
- определение фактического технического состояния в данный момент времени;
- выявление необходимости регулировки или замены узлов;
- прогнозирование с определенной достоверностью изменения фактического технического состояния для любого момента времени.

Выбор метода НК должен быть основан, помимо априорного знания о характере дефекта, на таких факторах, как:

- условия работы изделия;
- форма и размеры изделия;
- физические свойства материала деталей изделия;
- условия контроля и наличие подходов к проверяемому объекту;
- технические условия на изделия, содержащие количественные критерии недопустимости дефектов и зачастую нормирующие применение методов контроля на конкретном изделии;
- чувствительность методов.

Задача формирования комплекса различных методов НК для обнаружения совокупности возможных дефектов в гидроагрегатах может быть сформулирована как оптимизационная многоуровневая, многокритериальная задача дискретного программирования [10].

Для эффективного решения задач прогнозирования ТС гидроагрегатов, повышения их долговечности актуальными являются:

- совершенствование приборного контроля, повышение точности, применение передовых методов контроля технического состояния и методов НК;

- автоматизация сбора обработки и хранения эксплуатационной информации на базе универсальных измерительных аппаратно-программных комплексов, разработка и ведение базы данных мониторинга ТС, формирование перечня критичных с точки зрения надежности элементов;
- детальная проработка перечня контролируемых параметров, мест, методов и технологий измерений, приборов для контроля и их класс точности, периодичность контроля

Виды технического состояния гидроагрегатов приведены на рисунке 1.

Для определения вида ТС необходимо:

- определить ТС гидропривода и его элементов путем диагностирования;
- знать требования определяющие исправность, работоспособность и правильное функционирование агрегата, которые задаются в НТД указанием номенклатуры и допустимых значений количественных и качественных показателей



Рис. 1. Виды технического состояния гидроагрегатов

Количество информации о ТС гидроагрегата получают как разность неопределенностей до и после получения информации. Степень неопределенности характеризуется энтропией. Внесенное количество информации определяется по формуле:

$$J = H(D) - H^*(D),$$

где $H(D)$ – начальная энтропия; $H^*(D)$ – параметры после получения информации.

Энтропия отдельного состояния гидроагрегата определяется по формуле:

$$H(D_i) = \log_2 \left(\frac{1}{P(D_i)} \right),$$

где $P(D_i)$ - априорная вероятность состояния D_i .

Энтропия всех состояний гидроагрегата представляет собой среднее значение энтропий отдельных состояний:

$$H(D) = \sum P(D_i) H(D_i) = \sum P(D_i) \log_2 \frac{1}{P(D_i)} = - \sum P(D_i) \log_2 P(D_i).$$

Если все априорные вероятности состояния равны, энтропия имеет максимальное значение и соответствует наибольшей неопределенности. Если же вероятность какого-то состояния $P(D_i)=1$, а вероятность всех остальных состояний равна нулю, то система не имеет неопределенности и $H(D)=0$. Следует отметить, что энтропия не полностью характеризует неопределенность, так как она учитывает только вероятности состояний и их число, но не учитывает относительную важность этих состояний.

При диагностировании гидроагрегатов информацию об их ТС (система диагнозов D) получают с помощью наблюдения за другой, связанной с ней системой сигналов K, то есть

информацию о состоянии системы D получают наблюдением за системой K. Среднюю величину этой информации определяют из равенства:

$$J_D(K) = H(D) - H\left(\frac{D}{K}\right),$$

где $H\left(\frac{D}{K}\right)$ - энтропия D после измерения параметров K.

Рассмотрим пример использования метода переходных характеристик для оценки технического состояния гидропривода.

Как отмечалось выше, получить эталонную характеристику можно экспериментальным или расчетным путем. Для получения расчетных характеристик составляется математическая модель привода, описывающая динамические процессы в нем. Следует отметить, что процессы, протекающие в гидроприводах, достаточно трудно поддаются математическому описанию. Это связано с тем, что гидравлические приводы представляют собой нелинейные системы, нелинейность которых обусловлена нелинейностью внешней нагрузки, упругостью гидравлического звена, нелинейными потерями давления в магистралях, силами трения, зазорами и т.п. Поэтому переходные процессы в них описываются системой линейных и нелинейных дифференциальных уравнений.

В общем случае система уравнений, описывающая динамику гидропривода, включает в себя три типа уравнений, которые соответствуют физическим процессам в этих приводах: уравнения течения рабочей жидкости в элементах гидропривода; уравнения расходов; дифференциальные уравнения движения перемещающихся деталей системы (уравнения сил и моментов).

Последняя группа уравнений отражает равновесие движущегося элемента под действием приложенных сил и моментов. Например, для гидродвигателя с поступательным движением:

$$m \times \frac{d^2 z}{dt^2} = \sum P_a - \sum P_c,$$

где m - приведенная к подвижному элементу масса; z - перемещение поступательно движущегося элемента; $\sum P_a$ и $\sum P_c$ - сумма активных сил и сил сопротивления.

Уравнение расходов жидкости представляет собой алгебраическую сумму входящих и выходящих из узла расходов. Например, для модели с учетом сжимаемости жидкости уравнение баланса расходов жидкости для i -го узла представляет собой алгебраическую сумму входного Q_i и выходного Q_{i-1} расходов и расхода Q_{id} затраченного на деформацию сосредоточенного в узле объема жидкости, т.е.

$$Q_i - Q_{i-1} - Q_{id} = 0, \text{ причем } Q_{id} = V_i \Psi(p_i) \frac{dp_i}{dt},$$

где V_i - объем сосредоточенной в узле жидкости; $\Psi(p_i)$ - коэффициент податливости.

Уравнение течения рабочей жидкости в трубопроводах составляются на основе баланса давлений на участке гидроцепи:

$$P_{вх} = P_{вых} + P_l + P_m + P_j,$$

где $P_{вх}$ и $P_{вых}$ - давление на входе и выходе участка гидропривода; P_m - местные потери давления; P_l - потери по длине магистрали; P_j - инерционные потери давления.

Исходными данными для динамического расчета являются параметры проектируемого привода: свойства рабочей жидкости, рабочее давление, конструктивные размеры трубопроводов и гидромоторов, коэффициенты местного сопротивления для участков привода, размеры емкостей, вид и величина преодолеваемой нагрузки. В результате расчета получают представленные на рисунке 2 переходные характеристики, которые могут быть приняты в качестве эталонных зависимостей при диагностировании гидропривода по

характеру протекания переходного процесса, времени нарастания давления, характеру перемещения исполнительного органа и т.д.

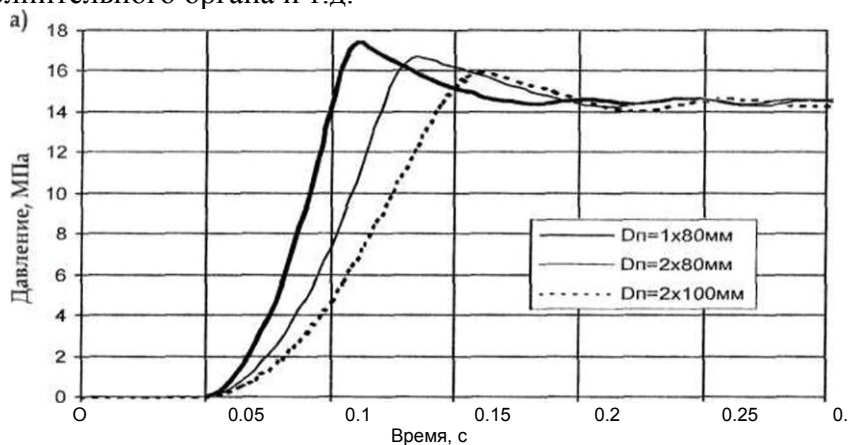


Рис. 2. Результаты динамического расчета изменение давления на выходе напорного трубопровода в зависимости от конструкции исполнительного гидроцилиндра

Метод эталонных осциллограмм представляет собой частный случай метода эталонных зависимостей, с помощью которого исследуют зависимость диагностического параметра от времени. Он является одним из наиболее простых и эффективных методов диагностирования и широко применяется для выявления дефектов и отказов гидроприводов, для которых характерны низкочастотные динамические процессы.

Выводы

Проведенный анализ методов диагностирования гидроприводов показывает, что ряд из них применяется при стационарных режимах работы привода. К особенностям различных методов можно отнести возможность использования встраиваемых или накладных датчиков, а также способ создания нагрузки - дросселем (на входе или па выходе) или нагружением силового цилиндра (внешним нагружающим устройством или самонагружением).

Эффективность применения методов НК зависит от схем организации контроля, его планирования, использования современных информационных технологий и вычислительной техники, персонала.

Список литературы

1. Лопаткин В. И. Методы неразрушающего контроля за рубежом// Проблемы безопасности полетов -1986 .№6. 58-65 с.
2. Клюев В. В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. -М. : Машиностроение.- 1986.-488с
3. Техническая диагностика гидравлических приводов/ Под общ. ред. Т.М. Башты.- М.: Машиностроение. 1989.- 264 с.
4. Гинзбург В. М. Голография методы и аппаратура.- М.:Сов.Радио, 1974,-376 с.
5. Струок Д. Введение в когерентную оптику и голографию. Пер. с англ.-М.: Мир,1967,-320 с.
6. Комар В.Г., Серов О.Б. Изобразительная голография и голографический кинематограф.- М. Искусство, 1987,-286 с.
7. Денисюк Ю.Н. Принципы голографии.- Л. Наука, 1979,-125 с.
8. Островский Ю. И. Голографическая интерференция.- М.: Наука,1977,-376 с.
9. Кок У. Лазеры в голографии. – М.: Мир, 1971,-287 с.
10. Богдан Н.В., Жилевич М.И., Красневский Л.Г. Техническая диагностика гидросистем.- Мн: Белавоттракторостроение, 2000,- 119с