

УДК 62-799

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ПОДШИПНИКА ГИДРОАГРЕГАТА

Ю.В. Демидов, В.Г. Щетинин

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: schetinin_v@mail.ru

Рассматривается проблема контроля за состоянием системы охлаждения генераторного подшипника. Выделяются и описываются: назначение, конструкция, принцип работы генераторного подшипника гидроагрегата и его системы охлаждения. На основании изложенной проблемы была поставлена задача параметрической идентификации системы охлаждения генераторного подшипника гидроагрегата. В качестве объекта идентификации была рассмотрена система охлаждения с восемью маслоохладителями, радиально подключенными к напорному коллектору теплоносителя, теплоносителем которой является вода. Предложен и рассмотрен алгоритм идентификации. В заключении указано, что предложенный алгоритм является масштабируемым и может использоваться для идентификации систем охлаждения с иной структурой и назначением.

Ключевые слова: параметрическая идентификация, диагностика, генераторный подшипник гидроагрегата, система охлаждения генераторного подшипника, информационно-измерительная система, алгоритм идентификации.

Разработка информационно-измерительных систем (ИИС) для оперативной оценки состояния энергетического оборудования является одной из актуальных проблем при решении задачи повышения надежности его функционирования [1, 2, 3]. Подшипниковые узлы гидроагрегатов являются одними из наиболее ответственных, и для них эта проблема представляется одной из первоочередных.

Рассмотрим сегментный генераторный подшипник (ГПШ) гидроагрегата. ГПШ предназначен для восприятия горизонтальных нагрузок и представляет собой сегментный направляющий подшипник, работающий на самосмазке. Сегменты подшипника располагаются вокруг шейки вала и представляют собой кольцо. Шейка вала крепится на вал гидроагрегата и передает нагрузку на сегменты подшипника. Таким образом осуществляется горизонтальная стабилизация вала гидрогенератора. Для обеспечения смазки трущихся поверхностей сегменты погружаются в масло до половины своей высоты. В результате возникновения капиллярного эффекта масло поднимается и растекается по всей поверхности шейки вала и сегментов, обеспечивая смазку непогруженных частей подшипника.

Система охлаждения (СО) генераторного подшипника представляет собой систему охладителей, трубопроводов и задвижек и предназначена для охлаждения масла. Основным звеном СО являются маслоохладители, которые располагаются в масляной ванне подшипника, внутри циркуляционного контура масла

Юрий Владимирович Демидов, магистрант.

Владимир Георгиевич Щетинин (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Автоматика и управление в технических системах».

ГПШ. Смазавшее и охладившее рабочие поверхности горячее масло стекает в ванну, где охлаждается в результате циркуляции через решетки маслоохладителя. Неисправность в системе охлаждения приводит к снижению ее КПД и, как следствие, к перегреву генераторного подшипника. Состояние системы охлаждения во многом определяет надежность работы генераторного подшипника, особенно в период прохождения гидрогенератором пиковых нагрузок.

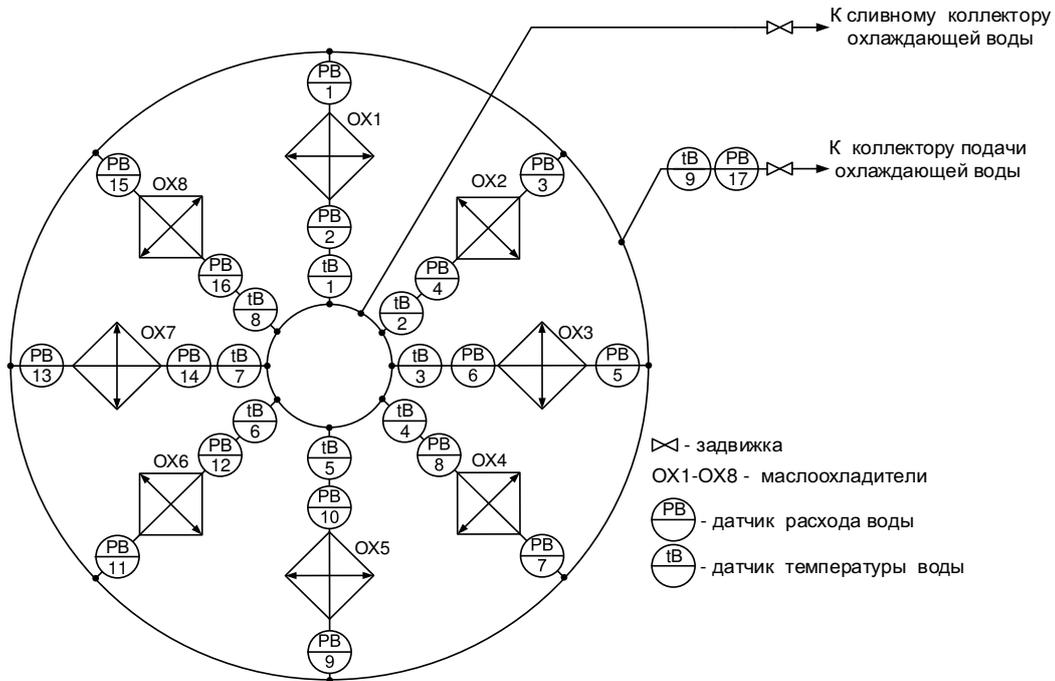


Рис. 1. Электрогидравлическая схема системы охлаждения турбинного подшипника

Для того чтобы осуществлять контроль над работой СО ГПШ, требуется вести мониторинг и анализировать десятки параметров, определяющих ее состояние. Персоналу, в чьем оперативном управлении находится большое количество оборудования, отследить отклонения в работе системы не представляется возможным. Таким образом, являются актуальными: задача параметрической идентификации системы охлаждения генераторного подшипника и создание человеко-машинного интерфейса ИИС, что позволит автоматизировать процесс мониторинга состояния системы.

Задачами параметрической идентификации системы охлаждения генераторного подшипника являются: оценка ее технического состояния, контроль режима работы, выявление дефектов узлов и определение их существенности. Температурные и гидромеханические параметры характеризуют состояние СО ГПШ, по их текущему значению определяется наличие дефекта или нежелательного режима работы.

Типовые дефекты в работе генераторного подшипника, доступные для идентификации, включают в себя: засорение трубопроводов, засорение маслоохладителей, повреждение трубопроводов, повреждение маслоохладителей.

Рассмотрим систему охлаждения с восемью маслоохладителями, радиально подключенными к напорному коллектору теплоносителя, теплоносителем кото-

рой является вода. Схема системы представлена на рис. 1. Данная система охлаждения состоит из 8 маслоохладителей, которые подключены параллельно друг другу. Каждый маслоохладитель радиально подключен как к напорному, так и к сливному коллектору. Теплоноситель поступает в напорное кольцо, затем проходит через маслоохладители и попадает в сливной кольцевой коллектор.

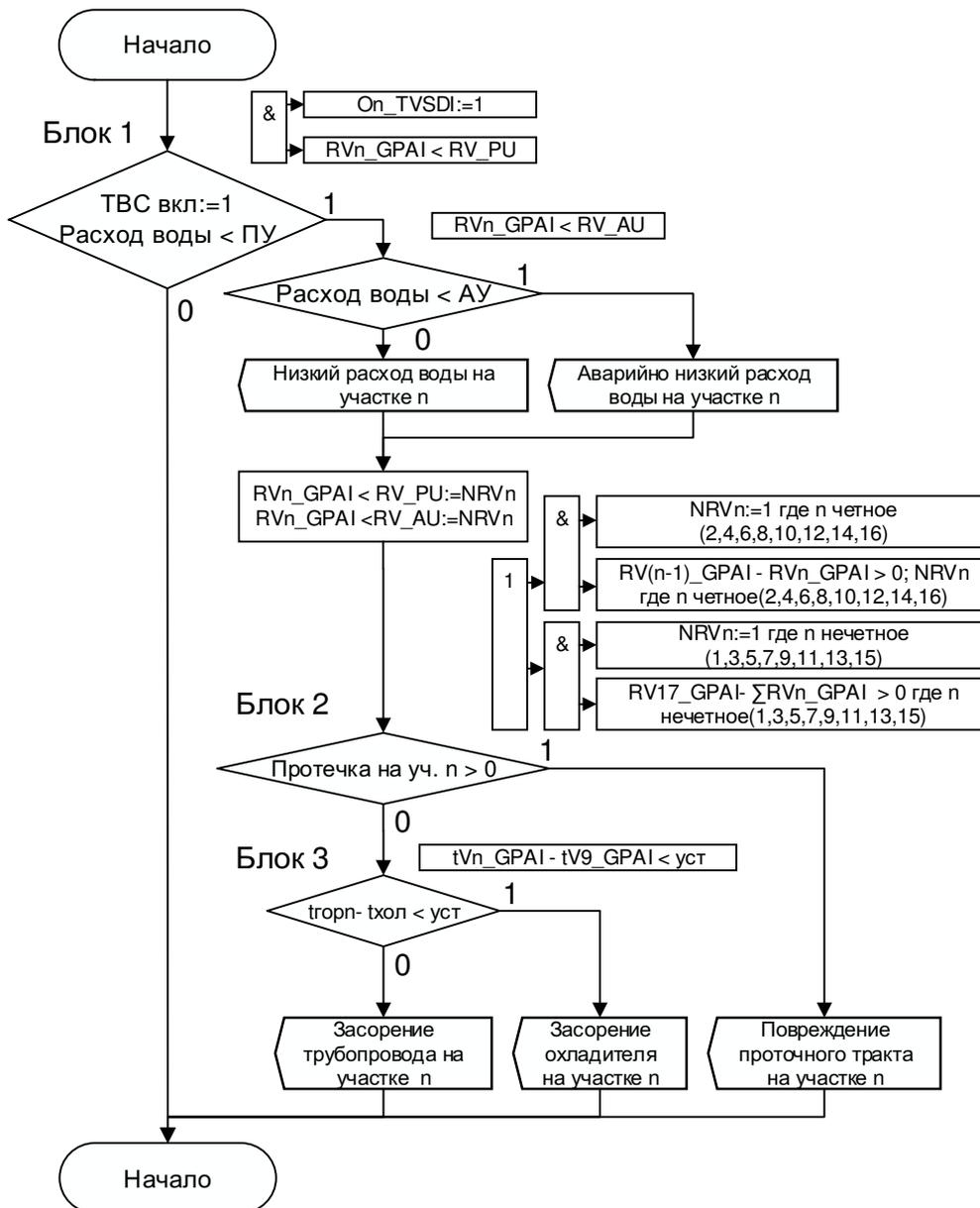


Рис. 2. Алгоритм идентификации СО ГПШ

Для того чтобы обеспечить систему диагностики информацией на входе и выходе проточного тракта маслоохладителя, а также на входе распределительного кольца коллектора подачи охлаждающей воды, установлены датчики расхода воды. Для осуществления постоянного температурного контроля системы охла-

ждения установлены датчики температуры на выходе из каждой параллельной ветви охладителя и перед кольцом сливного коллектора охлаждающей воды.

Предлагается следующий алгоритм диагностики СО (рис. 2), реализуемый далее ИИС.

Алгоритм диагностики системы охлаждения состоит из нескольких ступеней и включает в себя блоки:

Блок 1. Контроль расходов по нижней уставке, выдача сигнализации при преодолении нижнего предельного значения и рекомендаций по устранению.

Блок 2. Выявление участка протечки по разности показаний расходомеров, выдача сигнализации при выявлении потери расхода и рекомендаций по устранению.

Блок 3. Выявление засорения охладителя и трубопровода по разности показаний датчиков температур воды и расхода, выдача сигнализации при преодолении нижнего предельного значения и рекомендаций по устранению.

Рассмотрим выполнение алгоритма на примере плеча охлаждения с охладителем ОХ1.

Блок 1 выполняется при наличии сигнала о включении системы технического водоснабжения:

$$ON_TVSDI:= 1,$$

где ON_TVSDI – символическое имя сигнала, характеризующего режим работы системы технического водоснабжения.

Текущие показания датчиков расхода воды PB1 и PB2 сравниваются со значением уставки предупредительной сигнализации:

$$RV_1_GPAI < RV_PU,$$

$$RV_2_GPAI < RV_PU,$$

где RV_PU – символическое имя уставки предупредительной сигнализации, RV₁_GPAI и RV₂_GPAI – текущие показания датчиков PB1 и PB2.

Если условие выполняется, то далее следует проверка наличия существенно-го снижения расхода путем сравнения с аварийной уставкой:

$$RV_1_GPAI < RV_AU,$$

$$RV_2_GPAI < RV_AU,$$

где RV_AU – символическое имя уставки аварийной сигнализации, RV₁_GPAI и RV₂_GPAI – текущие показания датчиков PB1 и PB2.

Значения уставок определяются заводом-изготовителем или на основании опыта эксплуатации СО генераторного подшипника.

При снижении расхода воды в системе охлаждения ниже предельного значения, соответствующего предупредительной или аварийной уставке, выдается сигнализация «Низкий расход воды на участке n» или «Аварийно низкий расход воды на участке n» соответственно. Если одно из вышеуказанных условий выполняется, то значению, выходящему за границы нормального режима работы, присваивается символическое имя NRV_n, где n – номер датчика, зафиксировавшего отклонение, и осуществляется переход к Блоку 2. Если снижение расхода не обнаружено, то алгоритм завершается.

В ходе выполнения блока 2 осуществляется поиск протечки по разности показаний расходомеров на одном участке. За участок принимаем проточную часть системы охлаждения, заключенную между двумя расходомерами.

Рассмотрим возникновение протечки на участке трубопровода, заключенном между расходомерами PB1 и PB2. При наличии признака снижения расхода

$NRV_n := 1$ на расходомере с четным номером, в данном случае PB2, выполняется расчет величины протечки:

$$RV_{n-1_GPAI} - RV_{n_GPAI} > 0,$$

$$RV_{2-1_GPAI} - RV_{2_GPAI} > 0,$$

$$RV_{1_GPAI} - RV_{2_GPAI} > 0,$$

где RV_{n_GPAI} – символическое имя ячеек данных, где хранятся текущие показания датчиков.

Если разность показаний датчиков PB1 и PB2 больше нуля, то на данном участке образовалась протечка. При обнаружении протечки формируется сообщение «Повреждение проточного тракта на участке n», где n – имя участка.

Снижение расхода на нечетном датчике является показателем либо протечки воды в напорном кольце, либо низкого расхода в коллекторе подачи воды. Ситуация с низким расходом воды в коллекторе подачи воды не рассматривается, т. к. в данном случае должны сработать гидромеханические защиты гидроагрегата и он был бы незамедлительно остановлен.

Рассмотрим снижение расхода на датчике PB1. При наличии признака снижения расхода $NRV_1 := 1$ выполняется поиск протечки путем сравнения разности показаний датчика PB17 с суммой показаний нечетных датчиков:

$$RV_{17_GPAI} - \sum_{n=0}^7 RV_{(2n+1)_GPAI} > 0,$$

где $\sum_{n=0}^7 RV_{(2n+1)_GPAI}$ – сумма показаний нечетных датчиков, RV_{17_GPAI} – показание датчика PB17.

Если вышеуказанная разность показаний датчиков больше нуля, то на данном участке образовалась протечка, система формирует сообщение «Повреждение проточного тракта на участке n», где n – имя участка. Аналогичный метод может использоваться для диагностики сливного кольца.

При наличии снижения расхода в нескольких точках данный блок зацикливается, пока не будут проверены все предполагаемые протечки. Если протечки не обнаружены, то осуществляется проверка наличия засоров в проточном тракте.

Блок 3 предназначен для выявления засоров в проточной части СО и является конечным блоком алгоритма. На этапе выявления засоров дефект определяется по разности показаний датчика температуры холодной воды и одного из датчиков температуры горячей воды.

Температурой холодной воды условно называют показания датчика температуры, установленного в проточной части напорного коллектора теплоносителя. Горячей водой, в свою очередь, называют отработанный теплоноситель, т. е. прошедший через систему трубок охладителя и охладивший его.

Рассмотрим снижение расхода на датчиках расхода плеча 1: PB1 и PB2. При снижении расхода на одном из данных датчиков, в данном случае на четном PB2, вычисляется разность между показаниями tV_9 и tV_1 :

$$tV_{n_GPAI} - tV_{9_GPAI} < \text{уст},$$

$$tV_{1_GPAI} - tV_{9_GPAI} < \text{уст},$$

где tV_{n_GPAI} – температура горячей воды плеча n, tV_{9_GPAI} – показания датчика tV_9 , tV_{1_GPAI} – показания датчика температуры плеча 1.

Если вышеуказанная разность показаний датчиков меньше уставки, то это

свидетельствует о плохом теплообмене в охладителе и, соответственно, его засорении. В результате обнаружения вышеуказанного дефекта система формирует сообщение «Засорение охладителя на участке п».

В том случае, когда разность температур находится в допустимых пределах или снижение расхода обнаруживается на нечетных расходомерах, засоренность охладителя исключена. Система выводит сообщение «Засорение трубопровода на участке п».

Представленный алгоритм является масштабируемым, он может использоваться для идентификации систем охлаждения с большим количеством охладителей. Определение дефектного участка может выполняться с большей точностью. Для этого следует реализовать большее количество точек контроля над состоянием системы. Алгоритм идентификации системы охлаждения генераторного подшипника гидроагрегата может быть адаптирован под СО с иной структурой и назначением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамов А.И., Иванов-Смоленский А.В.* Проектирование гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. – М.: Высшая школа, 2001. – 389 с., ил.
2. *Камышиникова А.Н.* Информационно-измерительная система контроля электрических параметров гидрогенератора: Автореф. дис. ... к. т. н.: специальность 05.11.16 Информационно-измерительные и управляющие системы по отраслям. – Самара, 2012. – 22 с.: ил.; 21 см.
3. *Левицкий А.С., Федоренко Г.М.* Повышение надежности, безопасности эксплуатации мощных гидрогенераторов путем использования волоконно-оптических информационно-измерительных систем // Гідроенергетика України. – 2011. – № 3-4. – С. 18-22. – Бібліогр.: 8 назв. – рос.

Статья поступила в редакцию 16 января 2015 г.

PARAMETRIC IDENTIFICATION OF COOLING SYSTEM OF HYDROELECTRIC GENERATING SET BEARING

Yu.V. Demidov, V.G. Shchetinin

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia

In the paper the control problem of states of cooling system of hydroelectric generating set bearing is considered. The followings are emphasized and described: purposes, design, operating principles of the bearing and its cooling system. By this purposes the problem of parametric identification of cooling system of hydroelectric generating set bearing is stated. As a sample the cooling system with 8 lubricating oil coolers, radially connected to discharge header of heat transfer with water as a liquid, is considered. The algorithm of identification of states is proposed and studied. As a corollary it is shown that the algorithm stated in the paper is usable for systems with another structure and purposes.

Keywords: *parametric identification, diagnostic, hydroelectric generating set bearing, cooling system of hydroelectric generating set bearing, identification algorithm.*

Yury V. Demidov, Graduate Student.

Vladimir G. Shchetinin (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.