

Апышев Д.А., Ниязов Н.Т.

**К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВИБРАЦИОННОГО
КОНТРОЛЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРА**

D.A. Apyshev, N.T. Niyazov

**TO THE EXPERT SYSTEM CONSTRUCTION PROBLEM OF VIBRATING
CONTROL OF THE HYDROGENERATOR**

УДК: 621.313.332-82-752.004.5

Приводятся результаты вибрационных испытаний, контроль воздушного зазора и создание экспертных систем вибрационного контроля гидроагрегатов Каскада Токтогульских ГЭС.

It is resulted results of vibrating tests, the control of an air backlash over creation of expert systems of the vibrating control of hydrogenerators of Cascade Toktogulskih of Hydroelectric power station

Несмотря на то, что гидроэнергетический потенциал задействован менее чем на 10%, в топливно-энергетическом балансе Кыргызстана гидроэлектростанции играют решающую роль. Более 80% электроэнергии в Кыргызстане вырабатываются на гидроэлектростанциях, основная доля которых приходится на каскад Токтогульских ГЭС (КТ ГЭС). За время эксплуатации КТГЭС произведено более 200 млрд. кВт·ч дешевой электроэнергии.

В соответствии с этим отечественная электроэнергетика требует повышенного внимания к контролю ее состояния и определению текущей работоспособности оборудования электростанций и сетей. Это связано с тем, что значительная доля оборудования, введенного в 50-70-х г.г. отработала свой срок службы.

Так на гидроэлектростанциях КТ ГЭС эксплуатируются 12 агрегатов, из них 4 гидрогенератора на Токтогульской ГЭС подвесного типа, СВ-1100\250-36У4, мощностью -300 МВт; 4 гидрогенератора на Курпсайской ГЭС зонтичного типа, СВ-1130/220-44УХЛ4, мощностью -200 МВт; 4- гидрогенератора на Учкурганской ГЭС, типа СВ-840/150-52 У4, мощностью -45 МВт. С начала эксплуатации к настоящему времени гидроэлектростанции КТ ГЭС отработали по 25 лет и более и в ближайшие годы не ожидается существенного обновления парка этих генераторов, взамен отработавших свой срок службы,

и поэтому в настоящее время усилия должны быть направлены только на решение вопросов продления срока службы ныне работающих машин.

Поэтому особенно важно поддержания работоспособности этих генераторов на должном уровне. Контроль состояния гидрогенераторов во время работы и при периодических обследованиях входит в состав профилактических мероприятий по поддержанию их работоспособности, выявления возникающих в работе дефектов, их обнаружения на ранней стадии развития, а также своевременное принятия правильных решений по ликвидации дефектов до возникновения аварийной ситуации. Все это обеспечивает высокий коэффициент готовности оборудования, сокращает время простоя, снижает затраты на ремонт, продлевает срок его службы [1].

Наличие многочисленных систем контроля и диагностики, разнообразие методов и средств, измерений, требуют проведение сравнительного анализа и сравнения их эффективности, поиска наиболее целесообразного комплекса контрольно-диагностических мероприятий при эксплуатации гидрогенераторов. В последние годы, как в странах СНГ, так и во всем мире контролю и диагностированию основного электрооборудования энергосистем, в том числе оценке работоспособности гидрогенераторов уделяется особенно большое внимание [2-7].

Разработка и внедрение автоматизированных систем, а также освоению экспертных систем является в данный момент важнейшими задачами для отечественной диагностики состояния гидрогенераторов. Применение «интеллектуальных» систем облегчает труд эксплуатационного персонала, повышает эффективность управления режимом работы и повышает достоверность оценки состояния генератора. Особенно эффективно использование эксплуатационных систем постановки диагноза с базами

знаний, составленными квалифицированными специалистами.

В данной работе приводятся результаты вибрационных испытаний, измерений и контроль воздушного зазора и создание экспертных систем вибрационного контроля гидроагрегатов КТ ГЭС.

Как показывает практический опыт, вибрация способствует развитию многих дефектов гидроагрегатов. Поэтому измерение вибрации и производных от нее величин входят во все системы контроля состояния и программы обследования.

Анализ причин различных аварий с агрегатами позволили систематизировать возмущающие силы вызывающие вибрации гидрогенератора для различных режимов и они могут быть разделены на три вида: механические, гидравлические и электрические [8].

Определение причин повышенной вибрации гидроагрегата, особенно, когда они не выражены ясно, является очень сложной задачей. Во всех случаях необходимо вначале установить источник возмущающей силы, а затем уже определить и устранять причины вибрации.

В связи с повышенной вибрацией в турбине и старением оборудования, имеющийся дефект в турбине типа ПЛ-577 ВБ-510 агрегата №2 привел к поломке конуса лопастной части Учкурганской ГЭС, что требует полной реконструкции и значительных денежных средств.

На рис.1 приведены виброграммы гидроагрегата №4 Учкурганской ГЭС до и после ремонта.

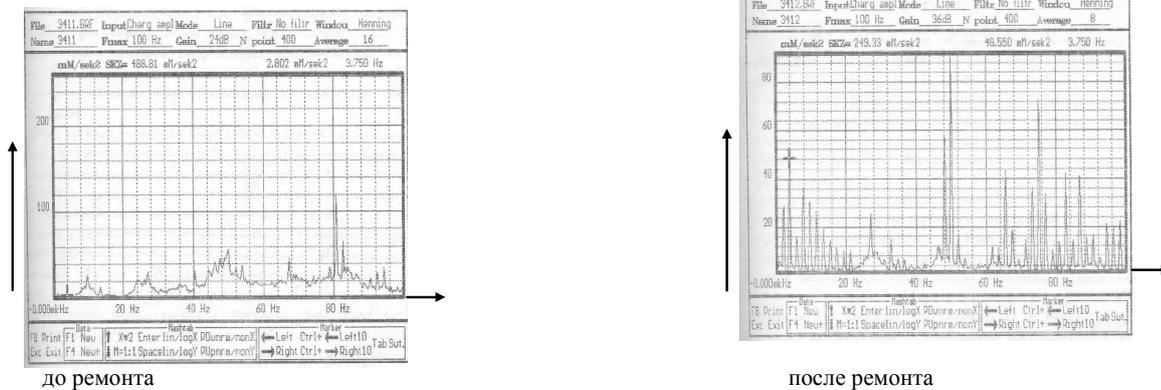


Рис.1.

Опасными дефектами, характерными для крупных гидрогенераторов с небольшой шириной сердечника, большим диаметром и относительно малой величиной воздушного зазора, являются нарушения равномерности зазора, вызываемые изменениями формы ротора и статора. Такие дефекты могут привести к серьезным авариям с заеданием ротора за статор, разрушением обмоток, стали статора и полюсов.

Оценка правильности форм ротора и статора проводится отдельно. При этом рекомендуется следующие градации оценок неравномерности:

для ротора:

$$D_{рот} < 3\% - \text{удовлетворительно}$$

$$D_{рот} = 3-8\% - \text{неудовлетворительно}$$

$$D_{рот} > 8\% - \text{не допустимо}$$

для статора:

$$D_{ст} < 5\% - \text{удовлетворительно}$$

$$D_{ст} = 5-15\% - \text{неудовлетворительно}$$

$$D_{ст} > 15\% - \text{не допустимо}$$

В таблице 1 и 2 приведены показания измерений формы статора и ротора.

Таблица 1

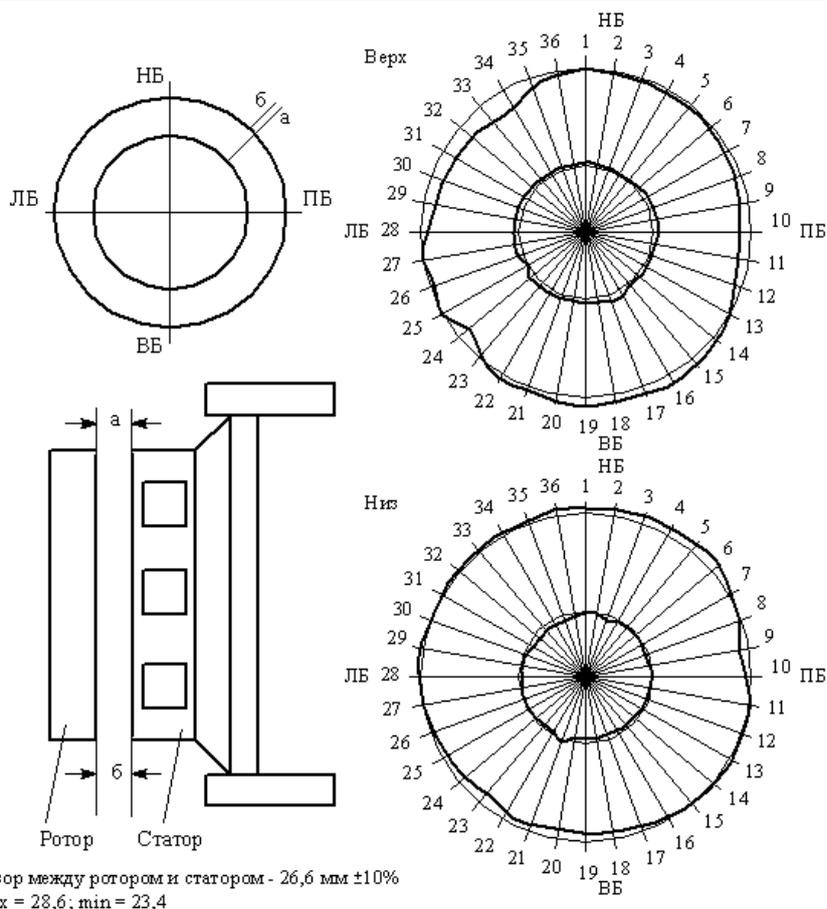
Показания измерений формы статора

№	Верх	Низ	№	Верх	Низ	№	Верх	Низ	№	Верх	Низ
1	25,6	27,7	10	24,5	25,5	19	29,2	24,6	28	25	26,2
2	24,4	27,7	11	24,4	26,2	20	28,6	23,7	29	22	26,5
3	25	27,95	12	24,4	26,6	21	27,6	24,5	30	22	26
4	25	29	13	26	26,6	22	27,4	24,6	31	22,8	26
5	25,5	28,85	14	27,3	26,6	23	25,7	23,35	32	22,7	26,2
6	25	29	15	28,2	26,8	24	24	23,5	33	20	26,2
7	25,	27,85	16	28,2	25,2	25	26	24	34	21	27
8	25	26	17	28,2	24,3	26	25	25,5	35	23,5	27,7
9	24,5	24,2	18	29,5	24,3	27	26	26	36	24	27,7

Таблица 2

Показания измерений формы ротора

№	Верх	Низ	№	Верх	Низ	№	Верх	Низ	№	Верх	Низ
1	24,3	27,7	10	24,5	26,2	19	24,7	27,7	28	24,5	26,8
2	24,4	26,6	11	24,5	27,6	20	24,7	27,7	29	24,4	26,6
3	24,7	27	12	24,6	27,6	21	24,6	27,7	30	24,5	27,2
4	24,5	26,8	13	24,7	27,7	22	24,7	27,7	31	24,6	28
5	24,6	27	14	24,7	27,7	23	24,6	27,7	32	24,5	28,3
6	24,7	27	15	25,6	27,7	24	23,9	26,8	33	24,5	27,3
7	24,7	27	16	22,6	27,7	25	26	26,8	34	24,6	27,3
8	24,6	27	17	23,7	27,5	26	23,5	26,8	35	24	26,4
9	24,6	26,6	18	24	27,7	27	24,5	26,8	36	24,3	27,7



На рис. 2 приведены зазоры между ротором и статором главного генератора и форма ротора и статора.

Настоящее время на КТ ГЭС для раннего выявления дефектов неполадок различных узлах оборудования, внедрены современные приборы контроля: за температурой контактных соединений - пирометры типа Кельвина; за вибрацией – анализаторы и виброметры и т.д. Но эти приборы используются только при периодическом контроле состояния оборудования, относительно зарубежных методов они устарели. Большая работа проводится по модернизации реконструкции оборудования КТ ГЭС, внедряется прогрессивная технология непрерывного контроля и ремонта оборудования, а также создается экспертная система контроля гидрогенераторов.

Экспертная система - это программа для компьютера, которая оперирует знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций для решения возникшей проблемы **181**.

Экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечение опытного специалиста, или играть роль ассистента человека, принимающего решения. Другими словами, система, требующая принятия решения, может получить его непосредственно от программы или через промежуточное звено - человека, который общается с программой.

Технология экспертных систем является одним из направлений новой области исследования, которая получила наименование искусственного интеллекта. Барр и Файгенбаум в 1981 году предложили следующее определение искусственного интеллекта, которое никем не оспаривается более двух десятков лет /8/.

В настоящее время на кафедре «Электроэнергетика» КГТУ им.И.Раззакова ведется разработка автоматизированной экспертной системы контроля гидрогенераторов КТ ГЭС. При ее разработке экспертной системы в качестве базовой принята структура предложенной в/9/ (рис.3)

Структурные элементы экспертной системы выполняют следующие функции:

-Во первых, необходим механизм представления знаний в конкретной предметной области и управления ими. Для реализации этих функций используется механизм называемый **базой знаний**;

-Во вторых, необходим механизм, который на основании знаний способен делать логические выводы. Этот механизм называется **механизмом логических выводов**;

-В-третьих, необходим интерфейс для правильной передачи ответов пользователю. В противном случае пользоваться такой системой крайне неудобно. Механизм, реализующим эту функцию, является **пользовательский интерфейс**;

-В-четвертых, необходим механизм получения знаний от эксперта, поддержки базы знаний и

дополнения ее при необходимости. Механизмом, реализующим эти функции, является **модуль приобретения знаний**;

-В-пятых, необходим механизм, который не только способен давать заключение, но и представлять различные комментарии, прилагаемые к этому заключению, объяснять его мотивы. В противном случае пользователю будет трудно понять заключение. Такое понимание необходимо, если заключение используется для консультации или оказания помощи при решении каких-либо вопросов. Механизм реализующий эти функции, называется **модулем советов и объяснений**.

Перечисленные структурные элементы являются наиболее характерными, хотя реальных экспертных системах их функции могут быть усилены соответствующим образом, или расширены. Кроме того, механизм объяснений важен не только для пользователя системы, но и для эксперта, предоставляющего знания в конкретной предметной области. Это обусловлено тем, что с его помощью эксперт определяет, как работает система, и позволяет точно выяснить, как используются знания, представленное ему. Иначе говоря, необходимо извлечь знания, которыми подсознательно владеет специалист, и для этого используется модуль советов и объяснений. Данный механизм работает таким образом, что помогает объяснить причину неправильного заключения. Это позволяет сделать осознанными знания, которыми до сих пор он владел подсознательно.

Язык представления знаний, используемый для разработки экспертных систем называется **языком разработки экспертной системы**, а система программного обеспечения, включающая указанные выше функции, называется **инструментом разработки экспертной системы**.

Таким образом, разработанная авторами экспертная система вибрационного контроля является первым этапом создания адаптивных систем эксплуатационного контроля и диагностики мощных гидрогенераторов.

Литература:

1. *Алексеев Б.А.* Определение состояния (диагностика) крупных гидрогенераторов. Москва, ЭНАС, 1998, - 144с
2. *Ниязов Н.Т.* К вопросу диагностирования состояния гидрогенераторов каскада Токтогульских ГЭС// Электроэнергетическая безопасность Кыргызстана: проблемы, суждения, решения. Материалы республиканской научно-практической конференции. -Бишкек, 2004 с.97-101.
3. Разработка и внедрение новых методов контроля состояния трубо – и гидрогенераторов// Тезисы докл. семинара, СПб., 1996 г.

4. *Владиславлев Л.А.* Вибрация гидрогенераторов гидроэлектрических станций. М. «Энергия», 1972, 176 с.
5. *Элькинд Ю.М.* Контроль вибрации мощных гидрогенераторов. М. «Энергия», 1979, 168 с.
6. *Апышев Д.А. Ниязов Н.Т., Такырбашев Б.К., Узагалиев З.А.* Экспертная система в электроэнергетике: необходимость, структура, состояние вопроса // Вестник Кыргызского технического университета им.И.Раззакова №5. Бишкек, 2002, с.85-90.
7. *Ниязов Н.Т.* Диагностика вибрационного состояния гидрогенераторов Каскада Токтогульских ГЭС//Энергетика, телекоммуникация и высшее образование в современных условиях. Труды конференции. Алматы 2004, с.169-173.
8. *Питер Джексон.* Введение в экспертные системы. Издательский дом «Вильямс», М. СПб, Киев, 2001- 624с.
9. Представление и использование знаний. Под ред. Х.Уэно и М.Исидзука // -М, «Мир», 1989, -220с.