



## ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА В ГИДРОГЕНЕРАТОРЕ-ДВИГАТЕЛЕ ДНЕСТРОВСКОЙ ГАЭС

**В** гидрогенераторе-двигателе типа СВО 1225/255-40 УХЛ4 Днестровской ГАЭС используется косвенная воздушная система охлаждения обмоток статора и ротора с замкнутым циклом самовентиляции. При этом воздух охлаждается в воздухоохладителях, установленных на наружной поверхности корпуса статора [1].

При длительных остановках агрегата происходит повышение влажности воздуха, и одной из причин, вызывающих это повышение, является то, что строительные конструкции шахты имеют повышенную фильтрацию влаги. Вследствие этого происходит увлажнение обмоток ротора и статора генератора, а также увлажнение двигателей и пусковой аппаратуры вспомогательных систем, общему коррозированию металлических частей оборудования, что может привести к отказам в их работе.

Увлажнение обмоток можно предотвращать с помощью нагретого воздуха от системы электронагревателей 1, схема размещения которых на гидрогенераторе-двигателе показана на Рис. 1.

Нагреватели должны включаться, если температура точки росы  $T_{TP}$  приближается к некоторому пределу, определяемому относительной влажностью в камере холодного воздуха и его температурой. Чем выше относительная влажность, тем точка росы выше. Полученное значение точки росы необходимо сравнивать с температурой обмотки, которая измеряется при помощи термосопротивлений системы термоконтроля гидроагрегата.

Относительную влажность  $RH$  и температуру воздуха  $T$  предлагается измерять при помощи системы датчиков, установленных в определенных местах. При этом, учитывая то, что большие габариты шахты и наличие потоков воздуха могут привести к неравномерности распределения относительной влажности и температуры по объему

шахты, датчики нужно располагать поближе к обмоткам как в верхней, так и нижней части машины в четырех точках, равномерно расположенных по окружности (Рис. 1).

На Рис. 2 показана схема одного из возможных устройств, реализующих алгоритм определения точки росы в восьми точках установки датчиков.

От восьми датчиков влажности  $D_{RH1} \dots D_{RH8}$  и восьми датчиков температуры  $D_{T1} \dots D_{T8}$  электрические сигналы поступают в восьми канальный вторичный измерительный преобразователь ВИП, где эти сигналы преобразуются в активные электрические величины, пропорциональные поступившим сигналам, например, напряжения  $U_{RH1} \dots U_{RH8}$ ,  $U_{T1} \dots U_{T8}$ . Далее сигналы  $U_{RH1} \dots U_{RH8}$ ,  $U_{T1} \dots U_{T8}$  в устройстве определения точки росы (УОТР) преобразуются в значения точки росы  $T_{TP1} \dots T_{TP8}$  для каждого места установки датчиков и поступают в АСУ для принятия решения о включении электронагревателей. Следует отметить, что функции УОТР также могут быть переданы в АСУ.

Определение  $T_{TP1} \dots T_{TP8}$  по измеренной  $RH$  и  $T$  в УОТР может осуществляться как с использованием специальных таблиц, занесенных в память, так и при помощи вычислений по заданной аналитической зависимости.

Для приближенного вычисления  $T_{TP}$  можно использовать следующую формулу, приведенную в [2]

$$T_{TP} = \frac{237,7 \cdot \left( \frac{17,27 \cdot T}{237,7 + T} + \ln RH \right)}{17,27 - \left( \frac{17,27 \cdot T}{237,7 + T} + \ln RH \right)}, \quad (1)$$

где  $T_{TP}$  — температура точки росы в °С;  $T$  — температура воздуха в °С;  $RH$  — относительная влажность в объемных долях  $0 < RH < 1,0$ .

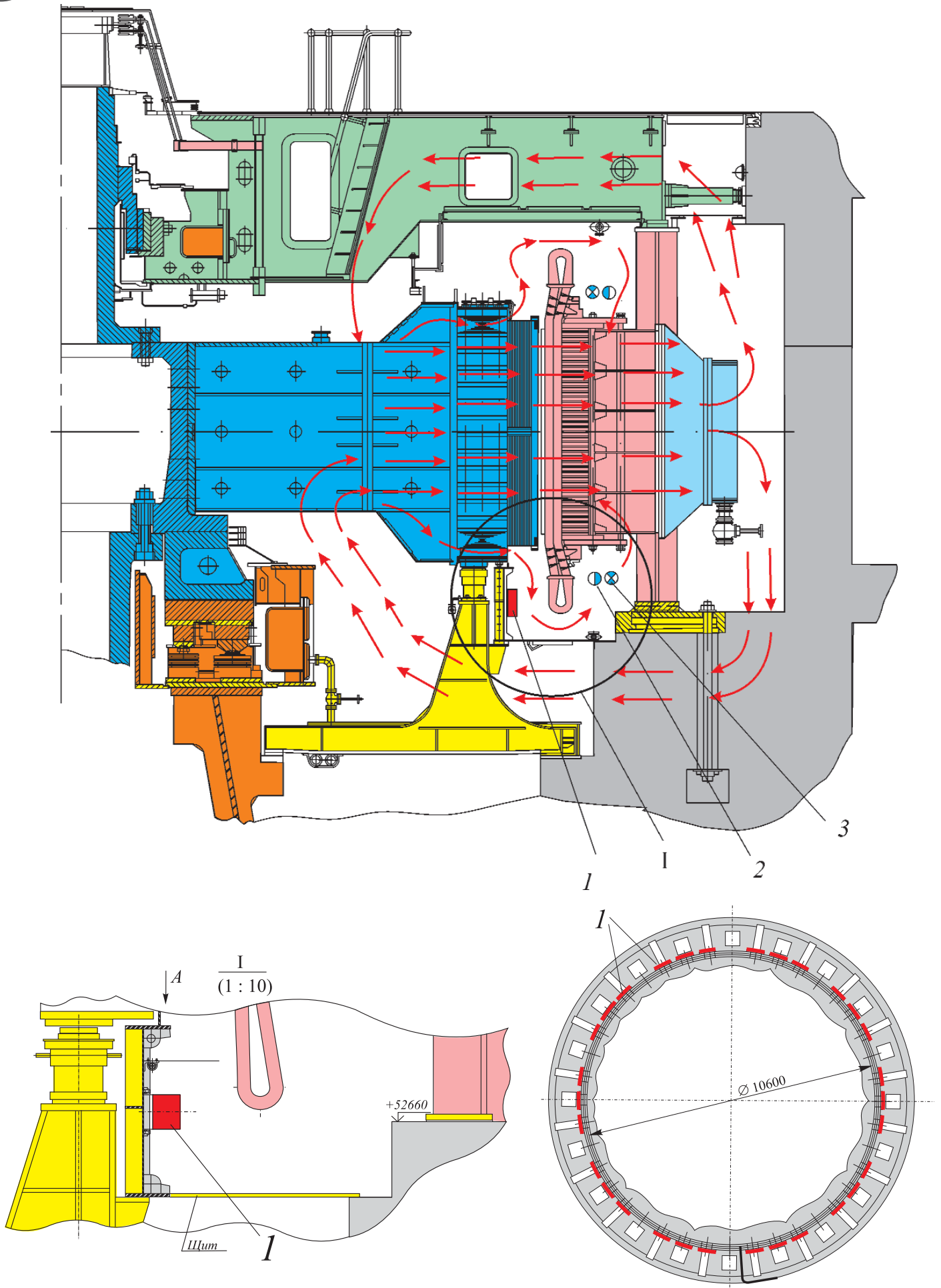


Рис. 1.



Формула (1) обладает погрешностью  $\pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$  в диапазоне значений:

$$0 \text{ }^\circ\text{C} < T < 60 \text{ }^\circ\text{C}; 0,01 < RH < 1,0;$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} < T_{TP} < 50 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Следует отметить, что особые требования предъявляются к датчику относительной влажности. Учитывая то, что его желательно располагать как можно ближе к обмоткам, то во время работы машины как в режиме генератора, так и в режиме двигателя, он будет подвергаться воздействию сильных электромагнитных полей и температур. Поэтому он не должен иметь в своем составе встроенных интегральных преобразователей активное сопротивление – напряжение (или ток), электрическая емкость – напряжение, которые в указанных условиях работают ненадежно.

Для указанной цели можно использовать первичные преобразователи (датчики) в которых используется простое преобразование: относительная влажность – электрическая емкость, т. е.  $C = f(RH)$ . При эффективном экранировании они не чувствительны к электромагнитным полям. Одним из таких датчиков, обеспечивающими быстрое и точное измерение относительной влажности, является сенсор типа Н6000 компании Michell Instruments (время отклика 20 секунд; диапазон 0 – 100 % RH; линейность –  $\pm 2,5\%$ ) [3].

Датчик относительной влажности Н6000 является емкостным прибором, в котором используется супертонкое гигроскопического полимерное вещество, диэлектрическая проницаемость которого изменяется пропорционально изменению относительной влажности проникающего в него воздуха. Полимерное чувствительное вещество помещено между двумя проводящими металлическими электродами. Чтобы беспрепятственно пропускать пары воды, внешний электрод имеет пористую структуру. Дополнительными преимуществами сенсора являются низкий гистерезис и долговременная стабильность.

График функции преобразования сенсора типа Н6000 показан на Рис. 3.

Из Рис. 3 видно, что сенсор обладает большой чувствительностью: изменение относительной

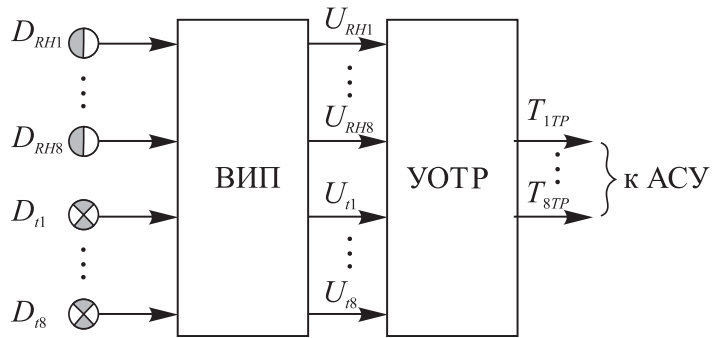


Рис. 2.

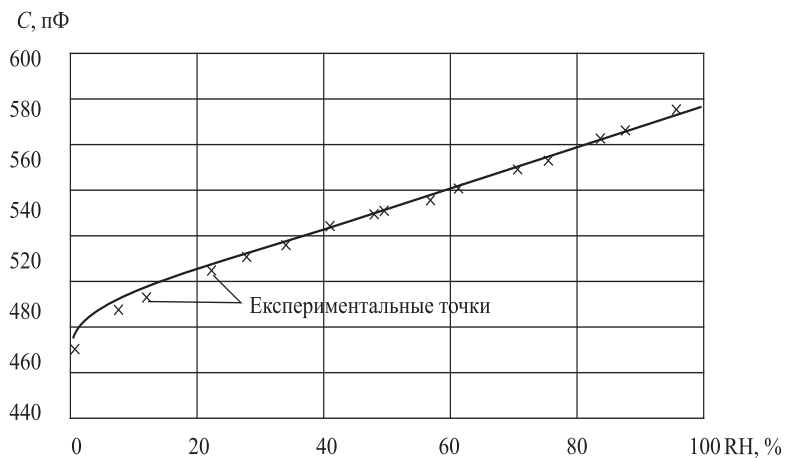


Рис. 3.

влажности 0 до 100 % вызывает изменение электрической емкости примерно в 86 пФ.

Использование данной системы повышает оперативную готовность гидроэнергетического оборудования к несению нагрузки согласно диспетчерского графика и автоматизирует процесс изоляции обмоток статора и ротора в допустимых пределах, что особенно важно для гидроагрегатов шахтного типа, таких как на Днестровской ГАЭС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуленко А.Н. Особенности конструкции и системы охлаждения гидрогенератора-двигателя Днестровской ГАЭС // Гідроенергетика України. – 2011. – № 2. – С. 4–6.
2. Берлинер М. А. Измерения влажности. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. Энергия. - 1973. - 400 с.
3. Измерение относительной влажности и точки росы газа. <http://www.kontech-system.com.ua/files/catalogs>

