

ауытқуын өлшеу үшін қолданылуы мүмкін, бұл қатты жел кезінде ротордың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Бұл мақалада индуктивті сенсорды есептеу әдісі берілген. Бұл есептеу жел турбинасының құйынды ток датчигін дұрыс құруға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: сенсор, құйынды токтар, жел турбинасы, саңылау, индуктивтілік, сенімділік.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА ВИХРЕВОГО ТОКА РОТОРА ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, университет Сатпаева, Алматы, Казахстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Вихретоковые датчики используются для измерения зазора вала ветряных турбин и проверки наличия тонкой масляной пленки в зазоре. В этом случае масло обычно наносится под давлением. Поскольку вихретоковые датчики устойчивы к маслу, давлению и температуре, это позволяет им надежно работать в этих агрессивных средах. Когда зазор становится слишком большим, выдается предупреждение о техническом обслуживании. Датчики вихревых токов помогают обнаруживать осевое и радиальное отклонение вала турбины. Радиальное движение происходит, когда вал смещен по центру. Осевое перемещение означает, что вал наклонен относительно центральной оси. Оба не могут быть устранены полностью. Однако при значительных отклонениях происходит повышенный износ подшипников. Если такие ситуации обнаруживаются, турбину следует как можно скорее остановить для обслуживания, даже до того, как произойдет авария. Наконец, датчики вихревых токов используются для измерения сил или крутящих моментов, приложенных к гондоле. Эти воздействия могут быть вызваны вибрацией, ветровыми нагрузками или другими факторами, которые со временем могут привести к разрушению всей конструкции. Вихретоковые датчики также могут использоваться для измерения осевого, радиального или тангенциального прогиба дисков сцепления, что обеспечивает безопасность ротора в случае сильного ветра. В этой статье представлен метод расчета индуктивного датчика. Этот расчет позволит правильно разработать датчик вихревых токов ветряной турбины.

Ключевые слова: датчик, вихревые токи, ветряк, зазор, индуктивность, надежность.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.141 - 149

УДК 681.2-5

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-141-149

A.R. Fazylova
Satbayev University

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR TEMPERATURE SENSOR

Annotation. Today, all the processes associated with technology, mainly operate in autonomous modes, so devices such as a temperature sensor are a must. Since technical progress is taking place in industry and production by leaps and bounds, all equipment most often used in various kinds of processes and work has an automatic principle of operation [1].

However, for productive work, albeit automated units, it is necessary to comply with all the exact indicators at which the device's performance will be the highest. These indicators include values, namely the required, more precisely, the working pressure, speed, and temperature. To prevent rapid wear and overload of automated equipment, the temperature level must be measured. Of course, this is not done with a simple thermometer or thermometer. For these purposes, special devices are used, such as temperature sensors. Wind power is one of the most important renewable energy solutions. As a rule, wind farms are located far from civilization, in remote regions - in hilly areas, on the sea coast [2]. These types of terrain are chosen because wind energy becomes profitable only under conditions that allow obtaining the maximum amount of wind throughout the year. However, the harsher environment calls for more sophisticated wind turbines, usually consisting of towers, blades, hubs and nacelles. To ensure control over all parts of the wind turbine, companies install controllers near the tower. A wind generator controller, like a PLC, is the brain of any wind generator, providing control over the system as a whole, the ability to generate reports and monitoring. The generator must be controlled and programmed; without a controller, it couldn't work correctly. For this reason, the controllers must be connected to a single system for remote monitoring, power generation reporting, parameter monitoring and diagnostic maintenance [3].

This article provides an algorithm for calculating a temperature sensor for its correct selection for a wind generator system, which will subsequently be used for a temperature control system in a generator system.

Keywords: Sensor, temperature, wind turbine, gap, inductance, reliability.

Temperature is a physical parameter that is measured in degrees. It is an essential part of any measurement process.

Areas requiring accurate temperature measurements include medicine, biological research, electronics, materials research, and thermal performance of electrical products. A device used to measure the amount of heat energy that allows us to detect physical changes in temperature is known as a temperature sensor. They are digital and analog.

There are many different types of temperature sensors. From simple on / off control of a thermostatic device to complex control systems of water supply, with the function of heating it, used in the processes of growing plants. The two main types of sensors, contact and non-contact, are further subdivided into resistive, voltage and electromechanical sensors. The three most commonly used temperature sensors are thermistors, RTDs, and thermocouples.

A thermistor is a sensitive resistor that changes its physical resistance with temperature. Typically, thermistors are made of a ceramic semiconductor material such as cobalt, manganese, or nickel oxide and are

coated with glass. They are small flat sealed discs that react relatively quickly to any temperature change.

Due to the semiconducting properties of the material, thermistors have a negative temperature coefficient (NTC), i.e. resistance decreases with increasing temperature. However, there are also PTC thermistors whose resistance increases with increasing temperature.

The dependences of resistance on temperature are described by Steinhart-Hart expressions.

Advantages of thermistors:

- a) high speed of response to temperature changes, accuracy;
- b) low cost;
- c) higher resistance in the range from 2,000 to 10,000 ohms;
- d) much higher sensitivity (~ 200 ohm / $^{\circ}$ C) within a limited temperature range of up to 300° C.

Temperature-resistance sensors (RTDs) are made of rare metals, such as platinum, whose electrical resistance varies with temperature.

Resistive temperature detectors have a positive temperature coefficient and,

unlike thermistors, provide high temperature measurement accuracy.

The advantages of such sensors

a) wide temperature range from -200 to 650 ° C;

b) provide a high output for the drop current;

c) are more linear in comparison with thermocouples and thermocouples.

Thermocouple temperature sensors are most commonly used because they are accurate, operate over a wide temperature range from -200 ° C to 2000 ° C, and are relatively inexpensive.

A thermocouple is made of two dissimilar metals welded together to produce a potential difference over temperature. The temperature difference between the two junctions produces a voltage that is used to measure the temperature (Seebeck effect).

The mathematical model in the case of temperature sensors is the dependence of resistance on temperature.

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (1)$$

The equation has parameters A, B and C, which must be taken from the specification for the sensor. Since we don't

Depending on the type of sensor, the relationship between the values of resistance and temperature can be expressed in a variety of expressions, so the mathematical model of the temperature sensor will be valid only for this type of sensor.

Let's build a mathematical model for a thermistor temperature sensor - B57164-K 472-J, 4.7 kΩ, 5%, NTC.

Technical specifications:

- type -k164 (NTC);

- resistance at 250C - 4700 Ohm;

- accuracy - 5%;

- coefficient of temperature sensitivity - 3950;

- operating temperature -55 ... 1250C.

The thermistor mathematical model will be based on the Steinhart-Hart expression:

need much precision, we can use a modified equation (B-equation):

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right) \quad (2)$$

In this equation, only parameter B remains unknown, which for an NTC thermistor is 3950. The rest of the parameters are already known to us:

T0 is the room temperature in Kelvin, for which the thermistor rating is indicated; T0 = 25 + 273.15;

T is the required temperature, in Kelvin;
R is the measured resistance of the thermistor in Ohms;

R0 is the nominal resistance of the thermistor in ohms.

Based on this, we calculate the values of the desired temperature and enter them in table 1.

Table 1 - Calculation results

R, Ом	10	50	100	500	1000	2000	3000	4000	4500
T, K	556,68	453,75	420,29	353,26	332,64	314,29	304,47	297,86	299,13
	05	85	25	2	14	53	24	72	18

Using the data from the table, we will build a graph of the dependence of resistance on temperature (Figure 1).

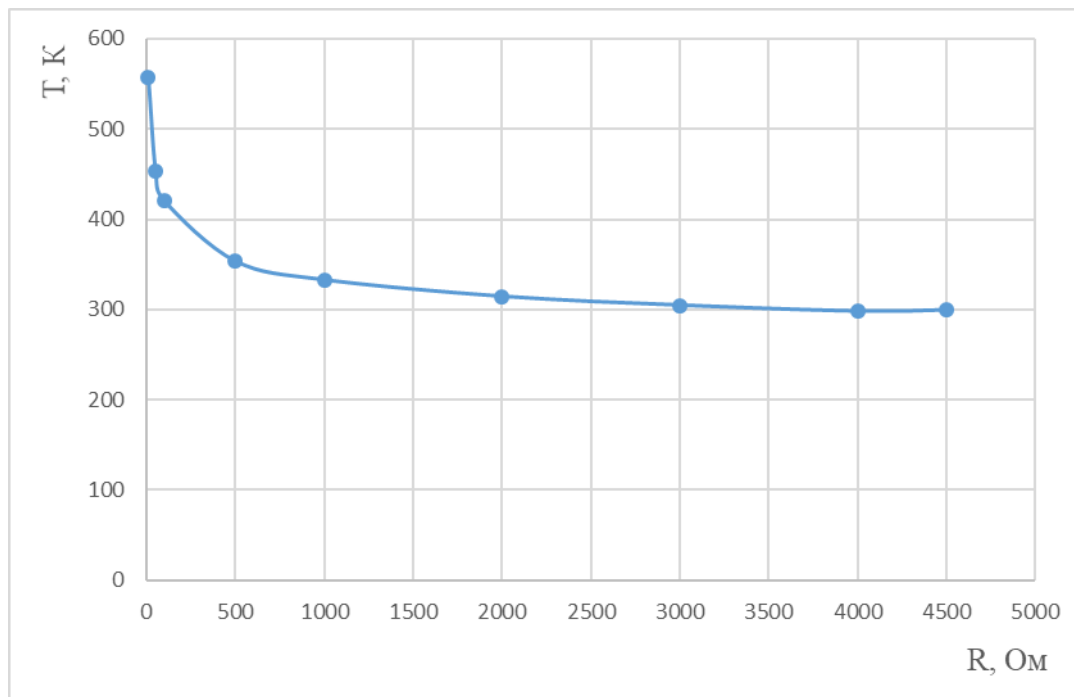


Figure 1 - Graph of resistance versus temperature

To study the thermistor temperature sensor, we will assemble a circuit by connecting the midpoint of the voltage divider to the analog input of ArduinoUno A0 according to the schematic diagram. The value of the resistor in the upper arm of the divider is taken close to the resistance of the thermistor, in my case the resistance of the thermistor is 4700 Ohm, respectively, we take the resistance of 4660 Ohm from the series connection of resistors: 4 resistors for 1kOhm and 3 resistors for 220 Ohms. To calculate the temperature, we will use the modified Steinhart-Hart equation expression (2) (Figure 2).

Listing:

```
#define B 3950 #define SERIAL_R 4660
#define THERMISTOR_R 4700
#define NOMINAL_T 25
const byte tempPin = A0;
void setup() {
```

```
Serial.begin( 9600 );
  pinMode( tempPin, INPUT );
}
void loop() {
  int t = analogRead( tempPin );
  float tr = 1023.0 / t - 1;
  tr = SERIAL_R / tr;
  Serial.print("R=");
  Serial.print(tr);
  Serial.print(", t=");
  float steinhart;
  steinhart = tr / THERMISTOR_R; // (R/Ro)
  steinhart = log(steinhart); // ln(R/Ro)
  steinhart /= B; // 1/B * ln(R/Ro)
  steinhart += 1.0 / (NOMINAL_T + 273.15);
  // + (1/To)
  steinhart = 1.0 / steinhart; // Invert
  steinhart -= 273.15;
  Serial.println(steinhart);
  delay(100);
}
```

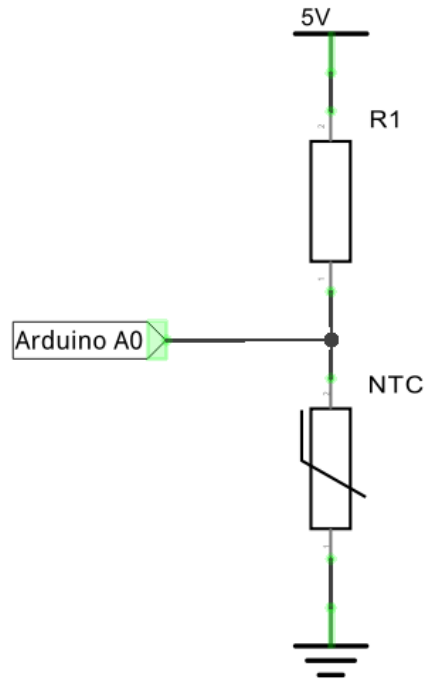


Figure 2 - Schematic diagram

Table 2 - Dependence of resistance on temperature

R, Ом	4490	4490	4525	4490	4490	4525	4508	4508	4525	4525
T, °C	26,03	26,03	25,85	26,03	26,03	25,85	25,94	25,94	25,85	25,85

We compile the sketch, take readings of resistance and temperatures (Table 2).

Using the obtained values, we will build a graph of the dependence of resistance on temperature

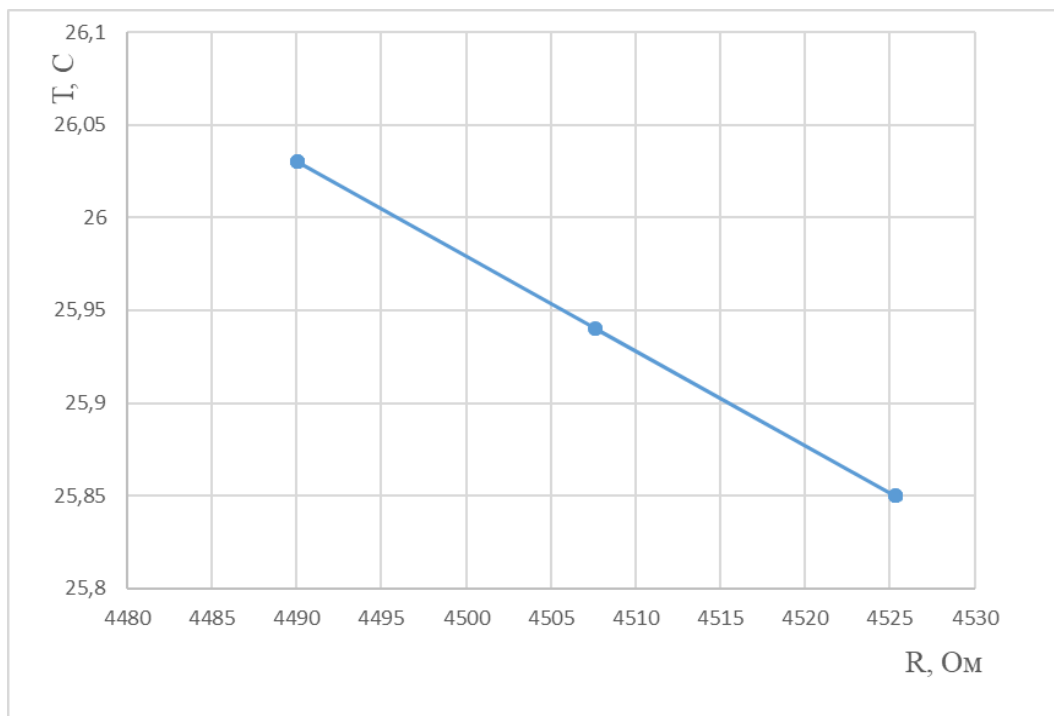


Figure 3 - Graph of resistance versus temperature

Build a computer model of a temperature control system based on a PID controller (Figure 4). As a software environment, we use Simulink, which is part of the MATLAB complex. The main elements of the system will be such components as: an ideal temperature sensor (Ideal Temperature Sensor), an ideal

temperature source (Ideal Temperature Source), a thermal reference point (Thermal Reference - the point of absolute zero relative to which all temperatures in the system will be determined) and the PID itself - regulator (PID-controller). To display readings, we use an oscilloscope - Scope (Figure 5).

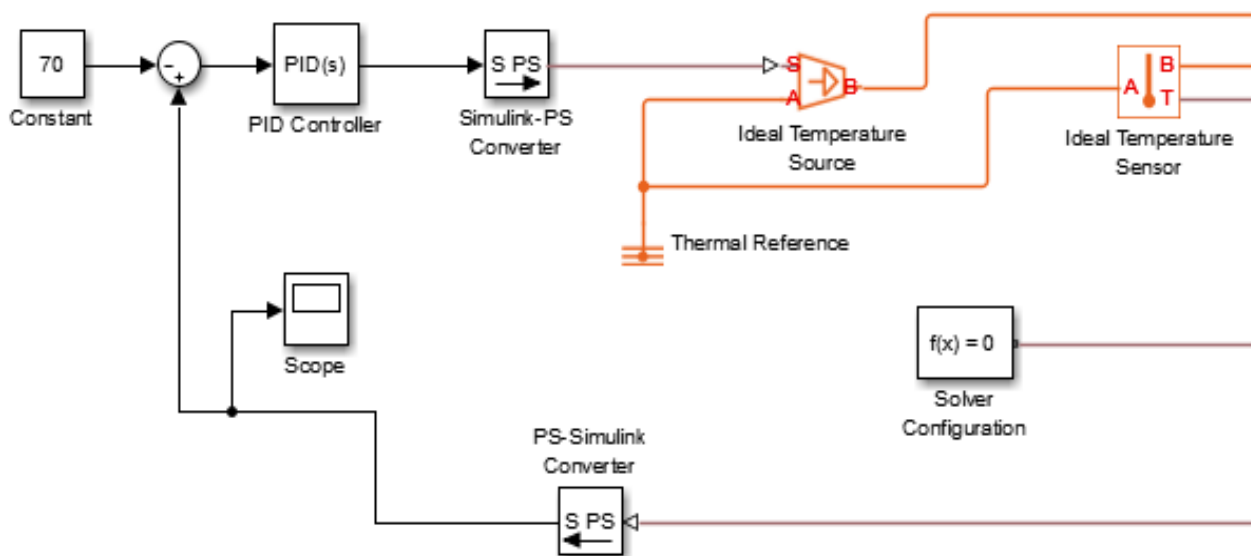


Figure 4 - PID temperature control system

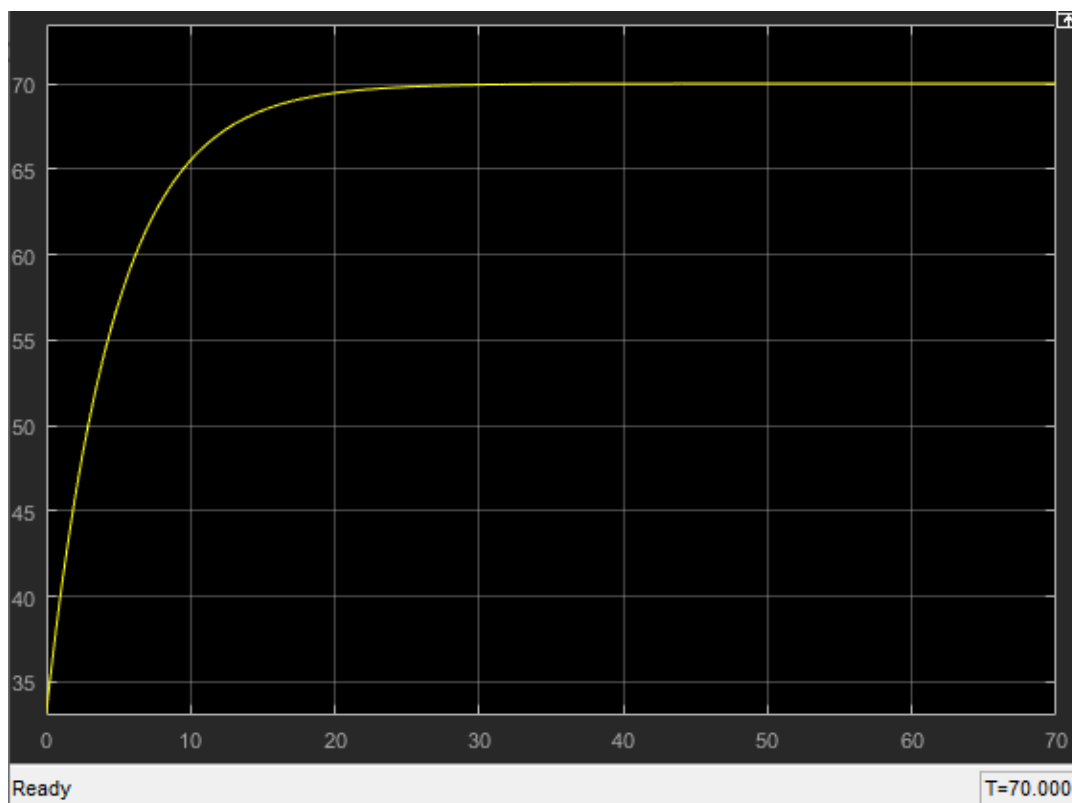


Figure 5 - Readings from an oscilloscope

Conclusion. In this article, the principle of operation of the temperature sensor was described. Also, a mathematical model of the thermistor was built, reflecting the dependence of resistance on temperature. A real circuit of a thermistor temperature sensor was assembled using the ArduinoUno MK and its operation was investigated.

Also, a computer model of a temperature control system based on a PID controller in Simulink was built and its output characteristics were obtained. Yes, based on these findings, the DHT-22 sensor was chosen for the temperature monitoring system of the wind generator system.

REFERENCES

- [1] Kelim Yu. M. Typical elements of the automatic control system. Textbook for students of institutions of secondary vocational education. - M.: FORUM: INFA-M, 2002. - 384 p.: ill. - (Series "Professional Education").
- [2] V. V. Litvinenko, A. P. Maystruk. Automotive sensors, relays and switches. Quick reference. - Moscow: ZAO KZHI "Za rulem", 2004. - 176 p.: ill.: tab.
- [3] Sosnin DA Autotronics. Electrical equipment and on-board automation systems for modern passenger cars: Textbook. M.: SOLON-R, 2001, 272 p.
- [4] Turichin A.M., Electrical measurements of non-electrical quantities, 4th ed., Moscow - Leningrad, 1966.

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR TEMPERATURE SENSOR

Fazylova Alina Rinatovna, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, sharf_06@inbox.ru

ЖЕЛДІК ТУРБИНА РОТОРЫНЫҢ ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан,
sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Бүгінде технологияға қатысты барлық процестер негізінен автономды режимде жұмыс істейді, сондықтан температура сенсоры сияқты құрылғылар міндетті болып табылады. Өнеркәсіп пен өндірістегі технологиялық прогресс секіріспен жүріп жатқандықтан, әр түрлі процестер мен жұмыстарда жиі қолданылатын барлық жабдықтардың автоматты жұмыс принципі бар [1].

Дегенмен, өнімді жұмыс үшін, автоматтандырылған қондырғылар болса да, құрылғының өнімділігі максималды болатын барлық нақты көрсеткіштерді сақтау қажет. Бұл көрсеткіштерге мәндер, дәлірек айтқанда, қажетті, дәлірек айтқанда жұмыс қысымы, жылдамдық пен температура кіреді. Автоматтандырылған жабдықтың тез тозуын және шамадан тыс жүктелуін болдырмау үшін температура деңгейін өлшеу қажет. Әрине, бұл қарапайым термометр немесе термометрмен жасалмайды. Бұл мақсаттар үшін арнайы құрылғылар қолданылады, мысалы, температура сенсорлары. Жел энергиясы - жаңартылатын энергия көздерінің маңызды шешімдерінің бірі. Әдетте, жел электр станциялары өркениеттен алыс, шалғай аймақтарда - таулы аймақтарда, теңіз жағалауында орналасқан [2]. Бұл рельеф түрлері жел энергиясы жыл ішінде желдің максималды мөлшерін алуға мүмкіндік беретін жағдайда ғана тиімді болатындықтан таңдалды. Алайда, қатаң жағдайларда, әдетте, мұнаралардан, пышақтардан, тораптардан және насельдерден тұратын күрделі жел турбиналары қажет. Жел қондырғысының барлық бөліктерін бақылауды сақтау үшін компаниялар мұнараға жақын жерде контроллерлерді орнатады. Жел турбинасының реттегіші, PLC сияқты, кез келген жел генераторының миы болып табылады, ол бүкіл жүйені басқаруды, есеп беру мен бақылау мүмкіндіктерін камтамасыз етеді. Генераторды басқару және бағдарламалау қажет; контроллерсіз ол дұрыс жұмыс істей алмайды. Осы себепті контроллерлер қашықтықтан бақылау, электр энергиясын өндіру бойынша есеп беру, параметрлерді бақылау және диагностикалық қызмет көрсетудің бірыңғай жүйесіне қосылуы керек [3].

Бұл мақалада жел генераторы жүйесін дұрыс таңдау үшін температура датчигін есептеу алгоритмі ұсынылған, ол кейін генераторлық жүйеде температураны реттеу жүйесі үшін қолданылады.

Түйінді сөздер: сенсор, температура, жел турбинасы, саңылау, индуктивтілік, сенімділік.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ РОТОРА ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, университет Сатпаева, Алматы, Қазақстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Сегодня все процессы, связанные с техникой, в основном работают в автономных режимах, поэтому такие устройства, как датчик температуры, просто необходимы. Поскольку технический прогресс в промышленности и производстве идет семимильными шагами, все оборудование, наиболее часто используемое в различных процессах и работах, имеет автоматический принцип работы [1].

Однако для продуктивной работы хоть и автоматизированных агрегатов необходимо соблюдать все точные показатели, при которых производительность устройства будет максимальной. Эти показатели включают в себя значения, а именно необходимое, а точнее рабочее давление, скорость и температуру. Чтобы предотвратить быстрый износ и перегрузку автоматизированного оборудования, необходимо измерять уровень температуры. Конечно, это не делается с помощью простого градусника или термометра. Для этих целей используются специальные устройства, например, датчики температуры. Энергия ветра - одно из важнейших решений в области возобновляемых источников энергии. Как правило, ветропарки располагаются вдали от цивилизации, в отдаленных регионах - в холмистой местности, на морском побережье [2]. Эти типы местности выбраны потому, что энергия ветра становится рентабельной только в условиях, позволяющих получить максимальное количество ветра в течение года. Однако более суровые условия требуют более сложных ветряных турбин, обычно состоящих из башен, лопастей, ступиц и гондол. Чтобы обеспечить контроль над всеми частями ветряной турбины, компании устанавливают контроллеры возле башни. Контроллер ветрогенератора, как и ПЛК, является мозгом любого ветрогенератора, обеспечивая контроль над системой в целом, возможность создания отчетов и мониторинга. Генератор необходимо контролировать и программировать; без контроллера он не мог работать правильно. По этой причине контроллеры должны быть подключены к единой системе для удаленного мониторинга, отчетности по выработке электроэнергии, мониторинга параметров и диагностического обслуживания [3].

В данной статье представлен алгоритм расчета датчика температуры для его правильного выбора для системы ветрогенератора, который в дальнейшем будет использоваться для системы контроля температуры в системе генератора.

Ключевые слова: датчик, температура, ветряк, зазор, индуктивность, надежность.