

УДК 53.083.8

Ф.И. Мамедов, А.Г. Аббасов, П.Н. Шахбазов**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА
С ПРОВОЛОЧНЫМИ СОПРОТИВЛЕНИЯМИ**

Азербайджанская Республика, Сумгаитский государственный университет

Рассматривается вопрос создания новой конструкции датчика с проволочными сопротивлениями (ДПС) для измерения температуры, обладающего сравнительно малыми инерционностью и погрешностью гистерезисной характеристики, а также имеющего улучшенные динамические свойства.

Ключевые слова: датчик, измерения, регулирования, моста постоянного тока.

Производство ткани и шёлка требует многочисленных новых разработок измерительных устройств, позволяющих контролировать технологические параметры по количественным показателям со сравнительно высокой точностью. Для удовлетворения таких требований возникает необходимость либо усовершенствовать существующие измерительные устройства неэлектрических величин, либо создать совершенно новые измерительные приборы. Повышение точности таких измерительных устройств больше связано с точностью их первичных преобразователей-датчиков.

Внимание уделяется выбору, разработке и проектированию проволочных датчиков сопротивлений, используемых для измерения и регулирования температуры технологических установок производства шёлка и различных тканей. В связи с этим, был произведен анализ конструкции существующих проволочных датчиков для их усовершенствования и разработки новых проволочных датчиков сопротивлений, обладающих оптимальными конструктивными, метрологическими и экономическими параметрами. Учитывая производственные требования, разработан датчик проволочного сопротивления для измерения температуры в технологических установках производства ткани. Датчик состоит из медной проволоки, намотанной в продольном направлении на стержневом каркасе, размещенном в цилиндрическом стеклянном баллоне.

В существующих технологических установках производства ткани используемые датчики не полностью удовлетворяют современным требованиям. В Сумгаитском государственном университете разработано и исследовано устройство для измерения и регулирования температуры в технологических установках производства ткани.

В данной работе рассматривается вопрос создания новой конструкции датчика с проволочными сопротивлениями с учетом внутреннего нагрева, позволяющего для измерения, регулирования температуры с необходимой точностью и определение рабочих характеристики датчика, обладающего сравнительно малыми инерционностью и гистерезисной погрешностью, а также имеющего улучшенные динамические свойства [2, 3, 4].

Рассматриваемый датчик состоит из проволочного сопротивления из меди. Созданный датчик подключен к одному из плеч чепи моста постоянного тока (рис. 1). При этом через цепи датчика протекает ток, который по закону Джоуля-Ленца выделяет тепло, нагревающее внутри провод датчика. Кроме внутреннего тепла, на обмотку датчика воздействует также и внешняя температура Δt_2 , которая подлежит к измерению. В соответствии с этим сопротивление провода датчика определяется по формуле [1]

$$R_t = \frac{R_{do}(1 + \alpha \Delta t_2)}{1 - \frac{K\alpha R_{do} I^2 \tau}{cm}} \quad (1)$$

где R_{d0} - сопротивление обмотки датчика при нулевом значении температуры; α - температурный коэффициент материала (меди) провода датчика; τ - время протекания тока через обмотки датчика; I - ток, проходящий через датчик сопротивления; K - коэффициент пропорциональности; c - удельная теплоемкость материала обмотки датчика.

Величина тока, входящего в формуле (1), косвенным образом зависит от R_t . Для нахождения аналитической зависимости $I=F(R_t)$ удобно применять метод эквивалентного генератора. Путем исследования электрической схемы, приведенной на рис. 1, относительно зажимов сопротивления, производя некоторые преобразования и обозначений для тока I получим

$$R_t^3 + a_{4R}R_t^2 + a_{5R}R_t - a_{6R} = 0 \quad (2)$$

где a_{4R}, a_{5R}, a_{6R} - коэффициенты, зависящие от $a_{1R}, a_{2R}, a_{3R}, m, c, E$.

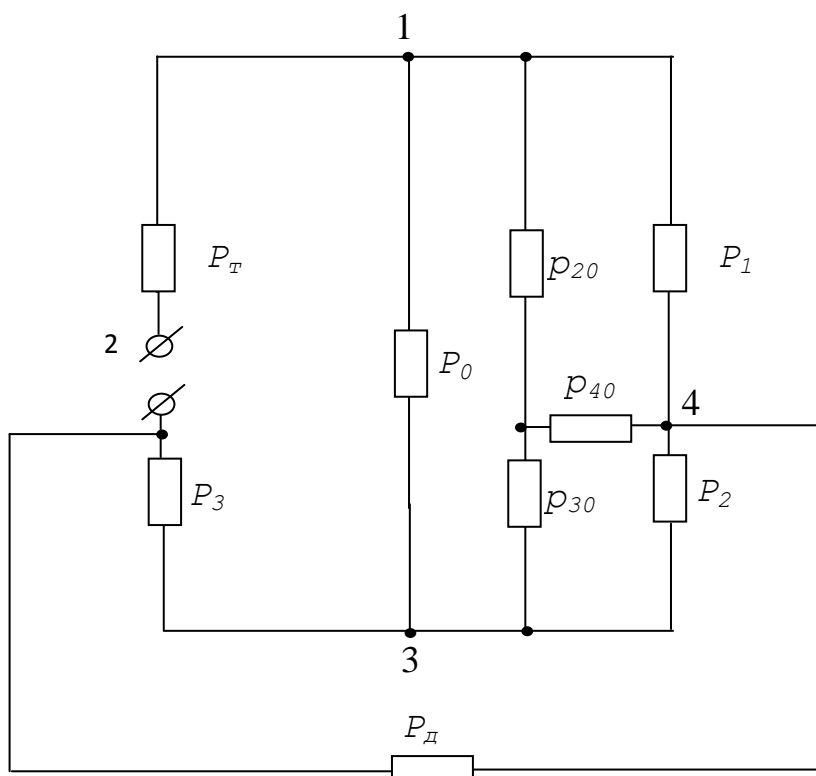


Рис. 1

Полученное выражение (2) представляет собой уравнение с третьей степени и может быть решено по формуле Кардано [6, 7], где

$$a_{4R} = \frac{2a_{2R}a_{3R} - a_{2R}^2R_{d0}(1 + \alpha\Delta t_2)}{a_{2R}^2} \quad (3)$$

$$a_{5R} = \frac{2a_{3R}^2 - k_1E^2a_{1R}^2 - 2a_{2R}a_{3R}R_{d0}(1 + \alpha\Delta t_2)}{a_{2R}^2} \quad (4)$$

$$a_{6R} = \frac{a_{3R}^2R_{d0}(1 + \alpha\Delta t_2)}{a_{2R}^2} \quad (5)$$

$$k_1 = (R\alpha R_{d0}\tau)/(cm)$$

Получаемый (1) по отношению R_t определяется по формуле Кардано [6, 7]:

$$R_t = \sqrt[3]{\Delta + \frac{a_{6R} + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R}}{2}} + \sqrt[3]{\frac{a_{6R} + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R}}{2} - \Delta - \frac{a_{4R}}{3}} \quad (6)$$

где

$$\Delta = \sqrt{\left[\frac{a_{6R} + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R}}{4} \right]^2 + \left[\frac{a_{5R} - \frac{5}{9}a_{4R}^2}{27} \right]^3} \quad (7)$$

Для получения рабочей характеристики используются (4) и (5)

$$a_{4R} \cdot a_{5R} = m_0 [1 - (m_1 + m_2)\Delta t_2 + m_1 m_2 \Delta t_2^2]; \quad (8)$$

где

$$m_0 = \frac{2a_{3R}}{2a_{2R}} \left(1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}}\right) \left(1 - \frac{2R_{3R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{2R}^2}\right) \cdot \frac{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}{a_{2R}^2} \quad (9)$$

$$m_1 = \frac{1}{1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}}} \cdot \frac{a_{2R}R_{d0}\alpha}{2a_{3R}} \quad (10)$$

$$m_2 = \frac{1}{1 - \frac{2a_{2R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}} \cdot \frac{2\alpha a_{2R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2} \quad (11)$$

$$[1 - (m_1 + m_2)\Delta t_2] \gg m_1 m_2 \Delta t_2^2 \quad (12)$$

$$a_{4R} a_{5R} = m_0 (1 - m_3 \Delta t_2) \quad (13)$$

где $m_3 = m_1 + m_2$.

Посмотрим зависимость $a_6 + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R}$ от Δt_2

$$a_6 + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R} = m_4 + m_5 \Delta t_2, \quad (14)$$

где

$$m_4 = \frac{a_{3R}^2 R_{d0}}{a_{2R}^2} + \frac{1}{3} m_0; \quad m_5 = \frac{\alpha a_{3R}^2 R_{d0}}{a_{2R}^2} - \frac{1}{3} m_0 m_3.$$

Тогда

$$\frac{1}{4} \left(a_{6R} + \frac{1}{3} a_{4R} a_{5R} \right)^2 = \frac{1}{4} m_4^2 \left(1 + m_6 \Delta t_2 + \frac{m_5^2}{m_4^2} \Delta t_2^2 \right). \quad (15)$$

Здесь

$$m_6 = \frac{2m_5}{m_4} ; [1 + m_6\Delta t_2] \gg \frac{m_5^2}{m_4^2} \Delta t_2^2$$

$$\frac{1}{4}(a_{6R} + \frac{1}{3}a_{4R}a_{5R})^2 = \frac{1}{4}m_4^2(1 + m_6\Delta t_2) \quad (16)$$

$$\frac{5}{9}a_{4R}^2 = m_7(1 - 2m_8\Delta t_2 + m_8^2\Delta t_2^2) \quad (17)$$

$$m_7 = \frac{20}{9} \cdot \frac{a_{3R}^2}{a_{2R}^2} (1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}}); \quad m_8 = \frac{\alpha a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}(1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}})}$$

После некоторых преобразований получим

$$\frac{1}{27} \left[a_{5R} - \frac{5}{9}a_{4R}^2 \right]^3 = \frac{1}{27}(m_9 - m_7)^3(1 + 3m_{11}\Delta t_2), \quad (18)$$

где

$$a_9 = \frac{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}{a_2^2} (1 - \frac{2a_{2R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}); \quad m_{11} = 2m_7m_8 - m_9m_{10}$$

$$m_{10} = \frac{1}{1 - \frac{2a_{2R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}} \cdot \frac{2\alpha a_{2R}a_{3R}R_{d0}}{a_{3R}^2 - k_1 E_M^2 a_{1R}^2}$$

$$\Delta = \sqrt{m_{12} + m_{13}\Delta t_2}, \quad (19)$$

где

$$m_{12} = \frac{1}{4}m_4^2 + \frac{(m_9 - m_7)^3}{27}; \quad m_{13} = \frac{1}{4}m_4^2m_6 + \frac{m_{11}}{9}(m_9 - m_7)^3$$

$$\Delta = \sqrt{m_{12}} \cdot (1 + m_{14}\Delta t_2); \quad m_{14} = \frac{m_{13}}{2m_{12}} \quad (20)$$

$$R_t = \sqrt[3]{m_{15}}(1 + \frac{1}{3}m_{16}\Delta t_2) + \sqrt[3]{m_{17}}(1 + \frac{1}{3}m_{18}\Delta t_2) - \frac{a_{4R}}{3}, \quad (21)$$

где

$$m_{15} = m_{12} + \frac{1}{2}m_4 \quad ; \quad m_{16} = \frac{m_{12}m_{14} + \frac{m_5}{2}}{m_{12} + \frac{1}{2}m_4};$$

$$m_{17} = \frac{1}{2}m_4 - m_{12}; \quad m_{18} = \frac{\frac{1}{2}m_5 - m_{12}m_{14}}{\frac{1}{2}m_4 - m_{12}};$$

$$R_t = m_{21}(1 + m_{22}\Delta t_2), \quad (22)$$

где

$$m_{21} = \sqrt[3]{m_{15}} + \sqrt[3]{m_{17}}; \quad m'_{22} = \frac{\frac{1}{3}(m_{16}\sqrt[3]{m_{15}} + m_{18}\sqrt[3]{m_{27}}) + a_{19}a_{20}}{m_{21}};$$

$$m_{19} = \frac{2a_{3R}}{a_{2R}} \left(1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}}\right); \quad m_{20} = \frac{\alpha a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R} \left(1 - \frac{a_{2R}R_{d0}}{2a_{3R}}\right)}.$$

Полученная формула (21) позволяет определить показанную на рис. 2 рабочую характеристику с проволочными сопротивлениями.

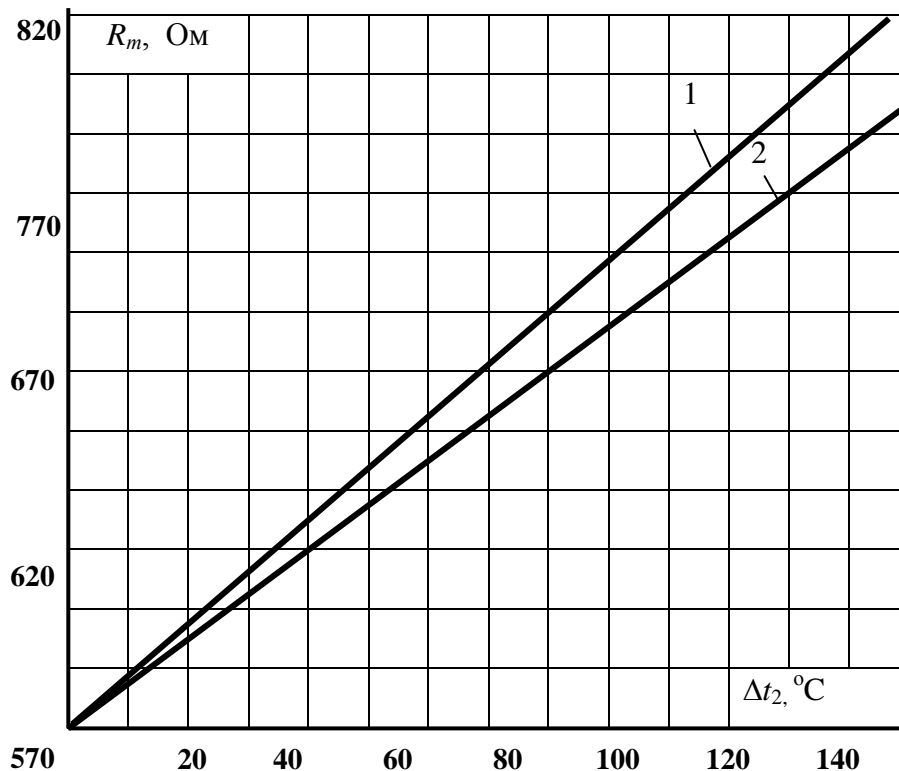


Рис. 2

Таким образом, из (21) видно что сопротивление R_i от измеряемой температуры Δt_2 имеет линейную зависимость. На рис. 2 даны 1 - теоретическая, 2 - экспериментальная характеристики датчика. Исследованием определено, что теоретическая характеристика, полученная по (21) совпадает с экспериментальной с точностью (5-6)%, приемлемой для проектирования таких и подобных датчиков и устройств.

Разработанный датчик с проволочными сопротивлениями эксплуатируется в текстильной фирме «Ипек» (г. Шеки, Азербайджанская Республика). Он может быть применен также в других отраслях и получен патент [5].

Библиографический список

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. – М. Высшая школа, 1964. – 750 с
2. Мамедов, Ф.И. Определение параметров датчика температуры / Ф.И. Мамедов, Р.Б. Дадашова, А.К. Аббасов // Автоматизация и современные технологии. – 2001. – №11. – С. 8–9.

3. **Мамедов, Ф.И.** Определение характеристик устройства для измерения температуры в технологических установках производства ткани / Ф.И. Мамедов, Р.Б. Дадашова, А.К. Аббасов // Автоматизация и современные технологии. – 2001. – №12. – С. 13–15.
4. **Мамедов, Ф.И.** Определение параметров проволочного датчика при включении его в плечо моста постоянного тока / Ф.И. Мамедов [и др.] // Приборы и системы. Управления, контроль, диагностика. – 2001. – №7. – С. 57–59.
5. **Məmmədov F.İ., Dadaşova R.B., Abbasov Ə.Q., Məmmədov S.F.** Patent № İ 20100117, Müqavimət termometri, Azərbaycan Respublikası, Standartlaşdırma Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Komitəsi, 19.11.2010.
6. **Смирнов, В.И.** Курс высшей математики / В.И. Смирнов. Т. 1. ГНИД 1971. – 420 с
7. **Фихтенгольц, Г.М.** Курс дифференциального и интегрального начисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Наука, 1969. – 656 с.

*Дата поступления
в редакцию 02.09.2015*

F.I. Mammadov, A.G. Abbasov, P.N. Shahbazov

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE DEVICE OF MEASUREMENT
AND REGULATION OF TEMPERATURE FOR CONTROL SYSTEMS**

The Republic Of Azerbaijan, Sumgait State University

Elaboration and investigation of measurement devices and regulation of temperature for system management of fields light industry.

In consequence of analysis conducting of long standing literature source has placed in industry of silk clothes are of great use of technological equipment, made in foreign countries.

System of management with technological processes having foreign equipment has special demands.

Proceeding from indicating reasons are appeared the necessity of elaboration and investigation of new measuring and regulating devices, that is of actual matter in now days. Having set with the investigation that for measuring and regulating of temperature in the range $(0\div 200)^{\circ}\text{C}$ in cars, made by German firm (Zrelnik firm Stork) in painting and washing silk clothes are necessary to create a new device for controlling and regulating of technical parameters.

On the base of semi-conductor elements created the devices of measurement and regulating of temperature, placed its theoretical investigation with the account of parameter transistors, have been got the dependence of exiting voltage device from measuring temperature. Device allows measurement of temperature for 1% damagement. Creating device measurement and regulating temperature has been put info production working correctly in the workshop of evaporation and painting of silk clothes of «Sheki-Ipek», in which we can put it into production.

Key words: sensor, measurement, control, DC bridge.