

4. Сведения об охране атмосферного воздуха Форма № 2-ТП (воздух) – ООО «Газпром трансгаз Томск» Барабинское ЛПУМГ, 2017.
5. ГОСТ Р 56167-2014. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета ущерба от промышленного предприятия объектам окружающей среды. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
6. Алиев, Р.А., Трубопроводный транспорт нефти и газа [Текст]/. Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров – Москва: Недра, 1988. – 368 с.
7. Охрана атмосферного воздуха при проектировании компрессорных станций и линейной части магистральных газопроводов [Текст]: Р Газпром 2-1.19-542-2011 : издание официальное. - Москва : Открытое АО "Газпром" [и др.], 2012. - V, 66 с. : ил., табл.; 29 см. - (Рекомендации организации / Открытое АО "Газпром") (Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО "Газпром").

УДК 621.315:621.3.011.4:621.317.335.2

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ

Чеснокова Анна Константиновна, Вавилова Галина Васильевна
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: akc2@tpu.ru

Белик Михаил Николаевич
Карагандинский государственный технический университет, г.Караганда
E-mail: m-belik@mail.ru

INCREASING THE ACCURACY OF CAPACITANCE MEASUREMENT IN CONDITIONS OF CHANGE OF WATER ELECTRICAL CONDUCTIVITY

Chesnokova Anna Konstantinovna, Vavilova Galina Vasilevna
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Belik Mikhail Nikolayevich
Karaganda State Technical University, Karaganda

Аннотация: Статья посвящена проведению настройки измерителя емкости CAP-10. В процессе исследования проведен эксперимент, в ходе которого оценено влияния изменения электропроводности воды на результат измерения емкости одножильного провода. В результате исследования показано существенное влияние концентрации примесей воды на значения емкости провода. Доказано, что проведение настройки CAP-10 позволяет повысить точность измерения емкости одножильного провода в технологическом процессе.

Abstract: The article is devoted to tuning out of the configuring of the cap-10 capacitance meter. In the course of the study, an experiment was conducted, during which the effect of changes in the electrical conductivity of water on the result of measuring the capacitance of a single-core wire was evaluated. As a result of the study, a significant effect of the concentration of water impurities on the values of the capacitance of the wire. It is shown that the tuning of the CAP-10 allows to increase the accuracy of measuring the capacitance of a single-core wire in the process.

Ключевые слова: погонная емкость, одножильный электрический провод, электропроводность, соленость.

Keywords: capacitance per unit of length, single core electrical wire, electrical conductivity, salinity.

Потребность в кабельной продукции постоянно растет, и растут требования к качеству кабельных изделий. Качество провода определяется постоянством его геометрических и электрических параметров. Одной из нормирующих величин для электрического провода является электрическая емкость (погонная емкость).

Моделью одножильного электрического провода может служить цилиндрический конденсатор (см. рисунок 1), емкость которого определяется по формуле [1]:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot l}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)}, \quad (1)$$

где l – длина, м;

d – диаметр жилы, мм;

D – диаметр изоляции, мм;

ε_0 – электрическая постоянная;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость материала изоляции.

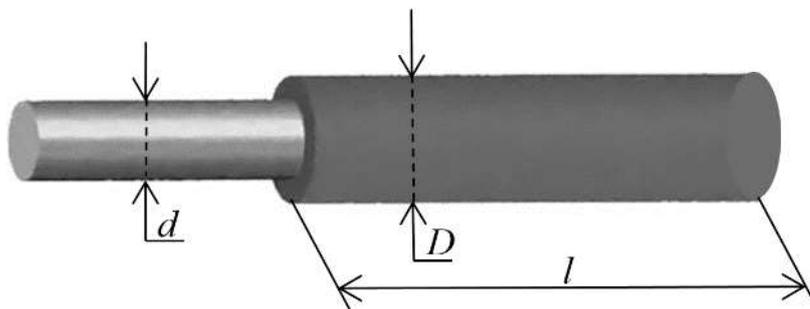


Рисунок 1 – Модель провода в виде цилиндрического конденсатора

Из формулы (1) видно, что емкость зависит от геометрических параметров провода, его формы и электрических свойств материалов, поэтому изменение погонной емкости может свидетельствовать об отклонении каких-либо геометрических параметров провода или электрических характеристик изоляции.

При производстве электрического провода используются два вида контроля емкости – выходной и технологический. Выходной контроль емкости проводится согласно нормативным документам. В настоящее время действует ГОСТ 27893-88 «Кабели связи. Методы испытаний» [2], в котором описывается порядок проведения испытаний кабелей связи на соответствие различных параметров. Выходной контроль емкости осуществляется на отрезке готового провода, который погружается в заземленный металлический бак с водой и с помощью прибора требуемой точности. Измерение емкости проводится между жилой и водой.

Технологический контроль емкости выполняется на этапе формирования изоляции провода (на экструзионной линии) [3] приборами специально для этого предназначенными. В данной работе рассматривается измеритель емкости CAP – 10, структурная схема которого представлена на рисунке 2 [4].

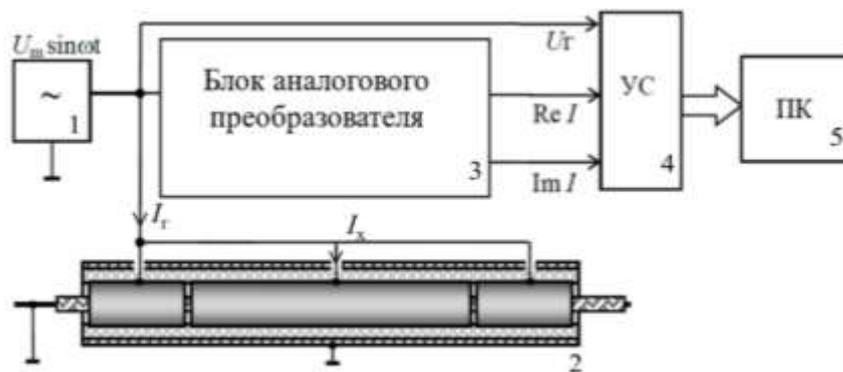


Рисунок 2 – Структурная схема измерителя емкости CAP-10

1 – генератор; 2 – электроемкостной измерительный преобразователь (ЭЕИП); 3 – блок аналогового преобразования; 4 – устройство сопряжения; 5 – персональный компьютер (ПК)

При технологическом контроле контролируемый провод непрерывно движется внутри ЭЕИП 2 (см. рисунок 2), погруженного в воду охлаждающей ванны.

При том и другом видах контроля составной частью измерительной схемы является вода, поэтому необходимо учитывать ее параметры, оказывающие влияния на значение емкости, в частности, электропроводность [1, 5].

Исследование влияния изменения электропроводности воды на значение емкости осуществляется экспериментально. Для этого используются специально подготовленные образцы проводов длиной 1 м с изоляцией из различных материалов. Определение действительных значений емкости образцов проводов осуществляется по требованию ГОСТ 27893-88 [2] в нормальных климатических условиях при постоянной температуре водопроводной воды и воздуха.

Для того чтобы использовать измеритель емкости CAP-10 необходимо провести его настройку. Настройка проводится в условиях имитирующих технологическую линию производства провода [3] при погружении в бак с водой ЭЕИП, внутри которого находится подготовленный образец провода. Результаты измерений различных параметров, необходимых для настройки, выводятся на лицевую панель, реализуемую на LabVIEW (см. рисунок 3).

Работа прибора CAP-10 основана на преобразовании значения тока I_x , протекающий в измерительном электроде, в значение погонной емкости контролируемого провода (см. рисунок 1). Замечено, что ток генератора I_r зависит от значения электропроводности воды, используемой в процессе измерения, поэтому целесообразно использовать его для индикации изменения электропроводности воды.

Настройка прибора заключается в получении функции преобразования измеренного значения тока I_x в значение погонной емкости провода C с учетом влияния электропроводности воды:

$$C_n = C(I_r) + k(I_r) \cdot I_x, \quad (2)$$

где $C(I_r)$ и $k(I_r)$ – постоянные составляющая и коэффициент пропорциональности, являющиеся функциями от влияния электропроводности воды.

Изменение электропроводности воды реализовывалось путем добавления в водопроводную воду, используемой при имитации технологического процесса, поваренной соли NaCl концентрацией от 0 до 4 г/л. При этом фиксировались все необходимые параметры на лицевой панели прибора (ПК) (см. рисунок 3 б).

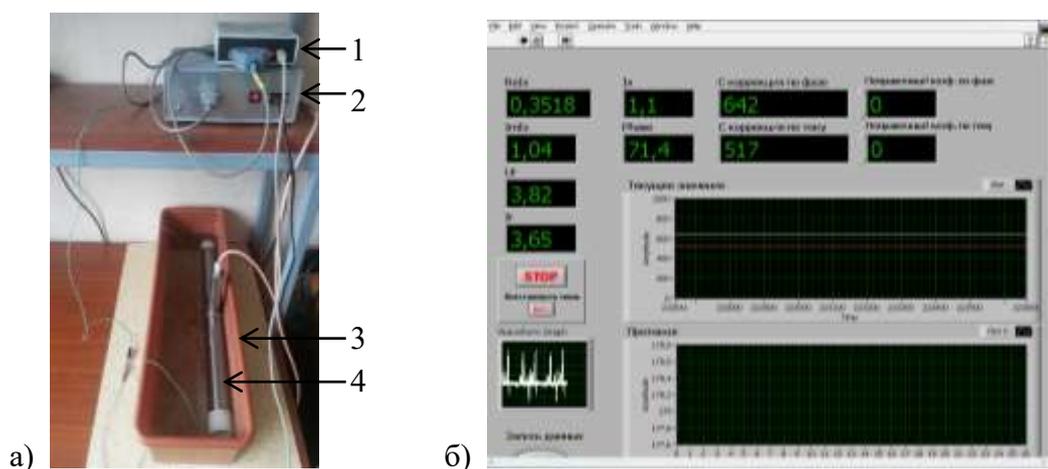


Рисунок 3 – Внешний вид измерителя емкости CAP-10 (а) и его лицевая панель, отображаемая на ПК (б)

1 – устройство сопряжения; 2 – блок аналогового преобразования; 3 – бак с водой; 4 – электроемкостной измерительный преобразователь (ЭЕИП)

На основе полученных данных путем проведения регрессионного анализа рассчитаны коэффициенты $C(I_r)$ и $k(I_r)$:

$$C = 0,588 \cdot I_r^3 + 1,828 \cdot I_r^2 + (-6,008) \cdot I_r + 719,387, \quad (3)$$

$$k = (-3,024) \cdot I_r^3 + 9,314 \cdot I_r^2 + (-14,629) \cdot I_r + (-232,936)$$

Полученные коэффициенты (3) подставляются в функцию преобразования (2), которая в свою очередь прописывается в управляющей программе для CAP-10, реализуемой в среде LabVIEW. Качество полученной функции преобразования (3) проверялось экспериментально. Для проверки результатов производилось измерение емкости образцов провода при использовании чистой водопроводной воды и воды с концентрацией соли 3 г/л. Полученные результаты отклонения от действительных значений емкости представлены в таблице.

Таблица – Результаты отклонения от действительных значений емкости

Номер образца	Действительные значения погонной емкости провода, пФ/м	Относительная погрешность δ , %			
		Без добавления соли		Концентрация соли 3 г/л	
		До настройки CAP-10	После настройки CAP-10	До настройки CAP-10	После настройки CAP-10
1	180	-1,1	1,7	-10,6	5,0
2	280	-2,1	3,9	-9,6	3,9
3	300	-1,3	1,6	-9,0	2,7
11	390	-7,4	2,8	-11,8	3,3
13	460	0,87	0,5	-7,4	4,1
14	540	-5,4	1,1	-13,5	3,3

Известно, что при отсутствии настройки в условиях значительной солености воды погрешность измерения емкости достигает 20 % [4]. Проведенная настройка позволяет снизить погрешность в условиях использования чистой воды до 4 %, при использовании

воды со значительной концентрации соли – до 5 %. Еще больше минимизировать погрешность можно, при проведении настройки не для широкого диапазона изменения емкости (от 180 до 540 пФ/м), а для каждого провода в отдельности, а также в непосредственно в условиях эксплуатации САР-10.

Выводы.

1) Выявлено, что на значение емкости провода влияет значение электропроводности воды, которое может изменяться за счёт изменения концентрации примесей в воде.

2) На основе экспериментальных исследований получены коэффициенты функции преобразования для настройки прибора САР-10, позволяющие повысить точность измерений до 5 % широком диапазоне измерения емкости проводов и электропроводности воды.

Список литературы

1. Вавилова Г.В. Разработка методов и средств контроля погонной емкости одножильного электрического провода в процессе производства: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Томск, 2016 – 140 с.

2. ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 1990.01.01. – с измен. 2018.09.12. – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index/11/11797.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 15.09.2019).

3. Производство кабелей: технология, оборудование, этапы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.yugtelekabel.ru/proizvodstvo-kabelej-texnologiya-oborudovanie-etapy.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 15.09.2019).

4. Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля // Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – с. 38-42.

5. Мазиков С.В., Вавилова Г.В. Свойства воды, влияющие на результат технологического контроля емкости провода // Сборник научных трудов конференции НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ, г. Новосибирск, 05-09 декабря 2016 г.: в 9 частях. - 2016. – С. 33-35.

6. Вавилова Г.В., Гольдштейн А.Е. Прибор для технологического контроля погонной ёмкости электрического провода // Измерительная техника. – 2018. – № 3. – С. 46-50.

УДК 62-16/-17

«УМНЫЕ МАШИНЫ»: КАК ОНИ ВЛИЯЮТ НА НАШУ ЖИЗНЬ.

Чирва Ангелина Сергеевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: angelina.sergeevna96@mail.ru

SMART MACHINES: HOW THEY INFLUENCE OUR LIFE.

Chirva Angelina Sergeevna

National Research Tomsk State University, Tomsk

Аннотация: Роботы – это наше будущее. Всё будет зависеть от «умных машин». Основной целью исследования является выявление производства всевозможных роботов на территории Российской Федерации, акцентируется внимание на работе–хирурге. Роботы, выполняющие работу людей, очень сильно повлияли на результат выполненных работ. Роботы выполняют работу без ошибок, благодаря заложенной в них программе, а про эффективность роботов не следует и говорить – то, что у людей может занять год работы, робот сможет выполнить за месяц. На территории Российской Федерации можно открыть производство по созданию роботов, которые будут полезны в больницах и клиниках, будут выполнять