

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/SMUR2431>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., доктор PhD

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., доктор PhD

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., д.т.н., профессор
Новожилов А. Н., д.т.н., профессор
Никитин К. И., д.т.н., профессор (Россия)
Никифоров А. С., д.т.н., профессор
Новожилов Т. А., д.т.н., профессор
Алиферов А.И., д.т.н., профессор (Россия)
Кошеков К.Т., д.т.н., профессор
Приходько Е.В., к.т.н., профессор
Оспанова Н. Н., к.п.н., доцент
Нефтисов А. В., доктор PhD
Омарова А.Р., технический редактор

МАЗМҰНЫ

**Адамова А. Д., Оралбекова Ж. О., Жартыбаева М. Г.,
Ұзаққызы Н., Садвакасова Қ. Ж.**
Ақпаратты кодтау әдістері – LDPC мен блоктық кодтарды
зерттеу және салыстыру12

**Акимжанов Т. Б., Жумажанов С. К., Исабеков Ж. Б.,
Амир Е. К.**
Электр энергиясының электр желісінде тартылу кезіндегі
қосымша шығалары.....23

Аманкельдин Ш. А., Калинин А. А.
Биомассаны газдандыруды жетілдіру: тұрақты энергия
өндіру үшін негізгі параметрлерін талдау35

**Ашимова А. К, Бектасова А. А., Шакенов К. Б.,
Е. А. Сарсенбаев**
Электр энергиясын жинақтау жүйелері46

**Байдилдина А. Т., Алибекқызы К., Бельгинова С. А.,
Увалиева И. М., Рақышева М. А.**
Тұрғын үйлердің микроклиматын (температурасын)
бақылау және басқару жүйесінің оңтайландыру56

Барукин А. С.
Екінші гармоника бойынша құлыптылығы бар геркондарда
түрлендіргіш қондырғылардың дифференциалдық қорғанысы72

Бижанов Н. У., Утебаев Д. Н., Глущенко Т. И.
Күн батареяларын қолданудың
техникалық-экономикалық негіздемесі85

Боргеков Д. Б., Козловский А. Л., Шлимас Д. И., Бергузинов А. Н.
Магнетронды бүрку әдісімен алынған Nb₂O₅-MoN-AlN негізіндегі
жұқа қабықшалы жабындардың синтезі және сипаттамасы.....94

Ерболқызы Г., Уахитова А. Б.
Анық емес қатынастар теориясын пайдалана отырып, релелік
құрылғылардың дұрыс жұмыс істемеуінің ұйымдық себептерін
анықтау моделін әзірлеу.....107

**Есимова Д. Д., Белый А. В., Фаурат А. А., Есім А. Қ.,
Джанаргалиева М. Р.**
Саланы декарбонизациялауға үлес ретінде туризм объектілерінің
энергия тиімділігін арттыру121

Жакупов А. Н., Жакупова А. Т.
Болат бұйымдарының магниттік және механикалық қасиеттерінің
корреляция дәлдігіне тәуелділік теңдеуі түрінің өсері134

Жумалиева А. К., Бахтияр Б. Т., Турсынбаева Г. У., Маханова М. А.
Биогаз қондырғыларының жұмысына қызмет көрсету түрлері141

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайғыров университета» обязательна

Звонцов А. С., Кислов А. П., Кириченко Л. Н., Жалмагамбетова У. К., Андреева О. А.	
Оптикалық талшықтардағы толқындық процестердің физикалық негіздерін метрологиялық қамтамасыз ету	152
Исупова Н. А., Дробинский А. В., Талипов О. М.	
Ұшақтағы электр жабдықтарын басқару жүйелерінің жобалық құжаттарын құру ерекшеліктері	166
Калтаев А. Г.	
N электр қозғалтқыштарын қысқа тұйықталудан қорғауға арналған құрылғы	177
Кошумбаев М. Б., Исенов С. С., Нурмаганбетова Г. С., Искаков Р. М., Ауельбек М. А.	
Жел турбинасының тиімділігін арттыру үшін құйынды әсерді қолдану	188
Кузнецова Н. С., Сарсикеев Е. Ж., Оразбекова А. К., Сулейменова Г. О., Сагалбаева А. К.	
Электрлік жарылыстың бұзылуы кезіндегі қатты материалдарға соққы толқыны әсерінің сипаттамасы	200
Құттыбай Н. Б., Кусаин М. А., Қошқарбай Н. Ж., Айтбекова Ш. Б., Есен Б. Е.	
Күн трекерлерін қолдана отырып, фотоэлектрлік жүйелердің тиімділігін арттыру	214
Маулет М., Велеба В., Рахадиллов Б. К., Сағдолдина Ж. Б., Райсов Н. С.	
12X1МФ ыстыққа төзімді қазандық болатының бетіне алынған Ni-Cr-Al негізіндегі ыстыққа төзімді жабындарының жоғары температуралық қасиеттері	227
Машрапов Б. Е., Клецель М. Я., Машрапова Р. М., Динмуханбетова А. Ж.	
Дұрыстығын бақылаумен максималды ток қорғанысы	238
Мейрханова М. Б., Ойткевич С. В., Иванов В. А., Тохметова К. М., Смагулова К. К.	
Машиналық оқыту және интернет заттарына негізделген қалдықтарды басқару жүйесі	247
Никифоров А. С., Кинжибекова А. К., Нуркина Ш. М., Карманов А. Е., Оршевская Е. В.	
Қазандық қондырғыларында органикалық қалдықтарды отын ретінде пайдалануды талдау	261
Оспанова Н. Н., Аканова А. С., Байбусинова М. С.	
Онлайн курс қосымшасының компьютерлік моделі	273
Оржанова Ж. К., Боканова А. А., Исабеков Ж. Н.	
Электр энергетикасында фазалық айналмалы трансформаторларды қолдану перспективалары	287

Пирманов И. А., Кошеков К. Т., Сейдахметов Б. К., Курбанов Я. М., Асқадұлы Қ.	
Цифрлық егіздер технологиясына Аналитикалық платформа моделі.....	297
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Новожилов Т. А.	
Магниттік ток трансформаторларында кен термиялық өндірістің қысқа желісінің ток қорғанысын жетілдіру	311
Смирнов А. П., Риттер Е. С., Савостин А. А., Риттер Д. В., Молдахметов С. С.	
Электрөткізгіш орта деңгейінің потенциометриялық өлшегішін сандық модельдеу және өлшегіштің конструкциясын жақсарту	323
Толегенова А. С., Сериков Т. Г., Карабасов А. О. Қасым Р. Т., Тұрдыбек Б.	
Кең жолақты антеннаның көмегімен көп чипті деректерді беру тиімділігін арттыру	337
Төлеутай Г., Елубай М., Айткалиева Г., Елемесова Г.	
Жетілдірілген сақтау жүйесіне арналған иондық полимерлер ретіндегі полиамфолиттер	348
Авторлар туралы ақпарат	362
Авторларға арналған ережелер.....	391
Жарияланым этикасы.....	402

isolated from each other, and the bus package of the short network is made of the same number of pairs of pipes. All of them are connected to the furnace transformer and furnace electrodes using compensators and flexible connections. At the same time, the tubewalls in the tire package are placed bifilarly in a staggered order with air gaps of 20–40mm. Therefore, the main electrical damages of the short network are arc closures (DZ) between the pipe shafts and breaks in their circuits. To protect against DZ, all pipe shafts are protected by means of insulation of current-carrying parts, which during the operation of the furnace is destroyed under the influence of the environment, and conditions arise for the occurrence of DZ, which is capable of destroying the tire package. Breaks are the result of numerous movements of the elements of the short network under the influence of temperature and the movement of the electrodes during operation. After the occurrence of such a gap, the current in the damaged pair of tubewells becomes zero. This leads to an increase in the current in undamaged pairs of pipes, their overheating and a sharp reduction in service life. However, the diagnosis of this type of damage is usually carried out by indirect signs. The proposed simple and cheap current protection on two magnetic current transformers (MTT), which should be placed outside the bus package of the short network, is devoid of these disadvantages.

Keywords: ore-thermal furnace, furnace transformer, short network, busbar package, pipe rods, measuring converter, magnetic current transformer, protection circuits.

МРНТИ 45.01.81

<https://doi.org/10.48081/YUOH8649>

***А. П. Смирнов,¹ Е. С. Риттер,² А. А. Савостин,³
Д. В. Риттер,⁴ С. С. Молдахметов⁵**

^{1,2,3,4,5}Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,

Республика Казахстан, г. Петропавловск

*e-mail: esritter@ku.edu.kz

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЙ СРЕДЕ И УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ

В данной статье рассмотрен потенциометрический измеритель уровня электропроводной жидкости. Рассмотрен принцип действия, определены сильные и слабые стороны потенциометрического метода измерения уровня. Для анализа погрешности измерения измерителя разработана модель работы потенциометрического датчика в среде электропроводной жидкости с использованием численного моделирования методом конечных элементов (МКЭ) в декартовых координатах. Показано, что погрешность измерения уровня в потенциометрическом уровнемере имеет недопустимую величину и зависит от уровня жидкости и от расположения измерителя уровня.

Для устранения недостатков конструкции предложены конструктивные улучшения в виде дополнительных заземленных стержней, которые уменьшили зависимость от расстояния до вертикальной стенки и шунтирования зонда электропроводной жидкостью, и изоляционной пластины, которая уменьшила зависимость от расстояния от зонда до дна резервуара. Данные улучшения позволили избавиться от факторов, вносящих погрешность в результат измерения, и в результате повысили точность измерения уровня жидкости.

На основе разработанного метода моделирования электрического поля в электролите в декартовых координатах проведено сравнительное моделирование до улучшения и после улучшения конструкции. Сравнительное моделирование показало, что точность

измерения значительно улучшилась. Результаты сравнительного моделирования приведены на графиках.

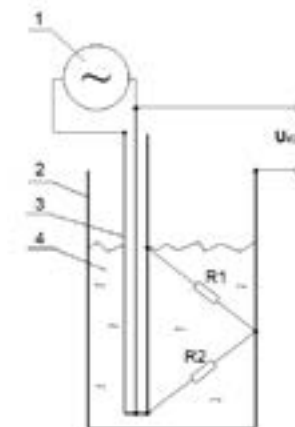
Ключевые слова: потенциометрический метод, измеритель уровня, уровнемер, численные методы моделирования, метод конечных элементов, погрешность измерения

Введение

Хранение жидкостей в резервуарах является важной частью различных отраслей промышленности [1, 2, 3], включая химическую промышленность, нефтяную промышленность, промышленность удобрений, автомобильную промышленность, системах мониторинга и обеспечения безопасности [4]. Идеальная система измерения уровня должна быть способна работать со всеми видами жидкостей и одновременно обладать стабильностью, высоким разрешением и низкой стоимостью.

Потенциометрический метод измерения уровня жидкости известен давно [5, 6]. Он имеет хорошие технические характеристики, но не лишен недостатков из-за особенностей конструкции, поэтому улучшение конструкции измерителя имеет большое значение.

Погружной зонд уровнемера имеет форму трубы с низким электрическим сопротивлением, и его концы питаются от генератора переменного тока с частотой несколько килогерц. Между этой трубой и стенкой резервуара находится проводящая жидкость, которая можно рассматривать как бесконечное количество сопротивлений. Поскольку все эти сопротивления соединены с одной и той же электропроводной стенкой резервуара, их можно представить как два эквивалентных сопротивления, обозначенных как R1 и R2. Они подключены с одной стороны к стенке резервуара и общему проводу, а с другой стороны – к поверхности зонда (рисунок 1).



1 – Генератор переменного тока

2 – Электропроводящий резервуар с жидкостью

3 – Зонд измерителя уровня

4 – Измеряемая жидкость

Uизм – выходное напряжение для измерения

Рисунок 1 – Принцип работы потенциометрического метода измерения

Генератор создает переменный ток большой амплитуды, что приводит к появлению напряжения на поверхности зонда. Сопротивления R1 и R2 формируют делитель напряжения на зонде, погруженном в жидкость. Между генератором и стенкой резервуара установлен усилитель с высоким входным сопротивлением.

Измеренное напряжение UИЗМ в нижней части зонда, относительно нулевого потенциала стенки резервуара, изменяется пропорционально уровню жидкости в резервуаре.

Измеренное напряжение UИЗМ в нижнем конце сенсора относительно стенки резервуара будет пропорционально уровню жидкости в резервуаре относительно нулевого потенциала стенки резервуара:

$$U_{ИЗМ} = U_{ГЕН} \frac{L_m}{L_s} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

1

где L_m – измеряемый уровень жидкости;

L_s – длина сенсора уровнемера.

Если рассмотреть различные конфигурации монтажа измерителя уровня, то можно заметить, что небольшое расстояние до дна емкости или до стенки емкости увеличивает токи, текущие в стенки резервуара. При уменьшении расстояния до стенки емкости на результат измерения начинает оказывать влияние шунтирующее действие электропроводности жидкости. Сопротивления резисторов R1 и R2 различаются распределением электрических токов сверху и снизу сенсора, то есть являются функцией граничных условий в верхней части и в нижней части сенсора. Изменение условий измерения уровня приводит к изменению сопротивлений R1 и R2, что, в свою очередь, сказывается на увеличении погрешности при измерении уровня.

Приведенные факторы, влияющие на результат измерения, требуют изменения конструкции измерителя уровня для уменьшения их влияния.

Материалы и методы

Для решения математической модели на микроуровне используются численные методы, которые основаны на дискретизации непрерывных переменных. Это означает, что при дискретизации непрерывные области изменения значений заменяются множествами значений в узловых точках, рассматриваемых как узлы некоторой сетки. Поэтому методы решения уравнений в частных производных также называют сеточными методами. Самым распространенным методом моделирования является метод конечных элементов (МКЭ) [7, 8, 9].

В данном контексте мы будем проводить моделирование электрического поля в электролите в статическом режиме, то есть в установившемся по времени состоянии [10].

В моделировании электрического поля в электролите необходимо выполнить:

- создание модели конечного элемента;
- построение конечно-элементной сетки;
- расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите;
- и из этого построить картину потенциалов и токов.

Создадим модель конечного элемента. Разобьём тело электролита на равные кубики в декартовых координатах с размером грани, равному радиусу сенсора R=5 мм.

Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита показана на рисунке 2. Передачи потенциалов происходит через контактирующие грани соседних конечных элементов, что показано стрелками.

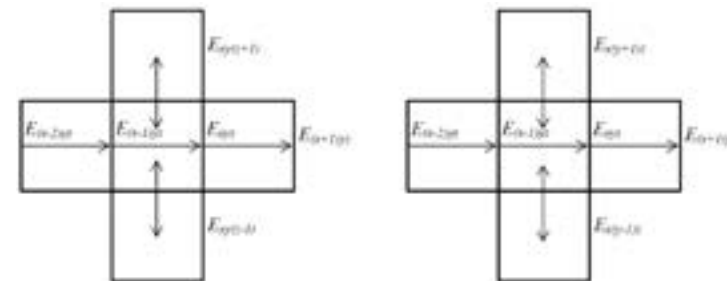


Рисунок 2 – Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Под воздействием электрического поля внутри электролита происходит течение электрических токов, направленных из областей с более высоким потенциалом в области с более низким потенциалом и перпендикулярно линиям равного потенциала. Этот процесс создает распределение потенциалов электрического поля внутри электролита.

Можно сформулировать уравнение для электрических токов в электролите, используя закон Кирхгофа, в конкретном конечном элементе с координатами x, y, z.

$$y_L \left(E_{xy(z+1)} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x-1yz} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{(x+1)yz} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{xy(z-1)} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x(y+1)z} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x(y-1)z} - E_{xyz} \right) = 0 \quad (2)$$

где y_L – удельная электропроводность электролита.

Отсюда потенциал точки крайней грани конечного элемента x, y, z будет вычисляться как среднеарифметическое потенциалов из конечных элементов, контактирующих с конечным элементом x, y, z:

$$E_{xyz} = \frac{E_{xy(z+1)} + E_{x-1yz} + E_{(x+1)yz} + E_{xy(z-1)} + E_{x(y+1)z} + E_{x(y-1)z}}{6} \quad (3)$$

Построение конечно-элементной сетки.

Моделирование электрического поля в электролите в декартовых координатах трудоёмкое потому, что необходимо выполнить расчёт потенциалов всего множества конечных элементов. Модель электролита в декартовых координатах будет иметь вид параллелепипеда размером x , y , z . Для высокой точности вычислений необходимо принять большие числа x , y и z . Для ограничения количества конечных элементов построим модель бесконечного пространства конечных элементов в гранях параллелепипеда линейной экстраполяцией в виде:

$$E_{X\infty} = E_{X\infty-1} - \frac{1}{2}(E_{X\infty-2} - E_{X\infty-1}) = 2E_{X\infty-1} - E_{X\infty-2} \quad (4)$$

$$E_{Y\infty} = 2E_{Y\infty-1} - E_{Y\infty-2} \quad (5)$$

$$E_{Z\infty} = 2E_{Z\infty-1} - E_{Z\infty-2} \quad (6)$$

где $E_{X\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси x ;

$E_{Y\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси y ;

$E_{Z\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси z .

Расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите.

Проведем численное моделирование передачи электрического потенциала между конечными элементами внутри электролита, используя параллелепипед размером $xyz=35 \times 40 \times 268$ конечных элементов. Выполним вычисления с использованием метода итерации в программе MATLAB. В модели учтем краевые условия, устанавливая потенциал плоской стенки равным нулю и что ток в плоскую стенку, помещённую в поле потенциалов, равен нулю. Подключим источник тока к краям сенсора такой, чтобы напряжение между конечными элементами сенсора будет изменяться на единицу напряжения для наглядности.

Примем в модель условие, что удельная электропроводность электролита постоянная и одинаковая во всех конечных элементах электролита.

Результаты и обсуждение

Улучшение конструкции измерителя уровня.

Для исключения утекания токов в горизонтальную стенку резервуара (дно) предлагается установить внизу зонда пластину из фторопласта, изолирующую токи в дно резервуара.

Для исключения влияния расстояния до вертикальной стенки предлагается добавить два заземленных изолирующих штыря сбоку от измерительного зонда, изолирующие токи в стенки резервуара.

Экспериментальный образец примененных конструктивных улучшений приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Экспериментальный образец измерителя уровня улучшенной конструкции

Построение картины потенциалов.

В результате итерации вычислений потенциалов конечных элементов получим $x+y+z$ слоев картину электрического поля внутри электролита.

В центре таблицы помещён сенсор потенциометрического уровнемера на глубину 40 единиц потенциала в сенсоре. Сенсор выделен в таблице серым цветом. Выше середины сенсора условно потенциал отрицательный, ниже середины сенсора условно потенциал положительный. Строка потенциалов на середине сенсора выделена зелёным цветом. Жёлтым цветом выделен изолятор сенсора.

Слева, справа и ниже сенсора расположены конечные элементы электролита. Шаг конечных элементов электролита выбран в единицах радиуса сенсора $R=5$ мм.

Если помещать сенсор вертикально с длиной плоской электропроводной стенкой с электролитом на расстоянии $3R \dots 16R$ от стенки, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до вертикальной плоской стенки на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 1 и рисунке 4. Из-за дополнительных штырей сбоку от зонда минимальное расстояние до вертикальной стенки 40 мм.

Таблица 1 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной плоской стенки

Расстояние от сенсора до вертикальной стенки S, мм	15	20	30	40	60	80
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-7,96	-8,70	-10,00	-10,94		-13,20
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм				-0,76	-0,69	-0,33

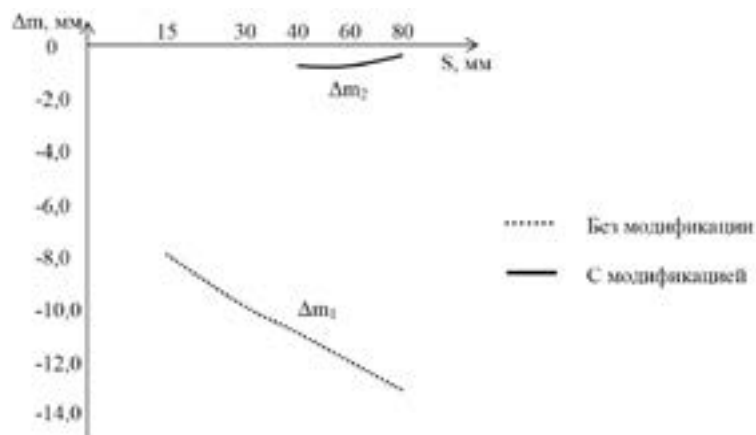


Рисунок 4 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать сенсор вертикально с длинной плоской электропроводной стенкой с электролитом на глубину $6R \dots 220R$ в электролите, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние глубины сенсора в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 2 и рисунке 5.

Таблица 2 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите

Глубина сенсора в электролите L, мм	30	45	100	225	500	750	1100
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-4,50	-5,30	-8,90	-10,84	-12,54	-12,88	-13,00

Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм		-0,19	-0,28	-0,31	-0,38	-0,58	-0,55
--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

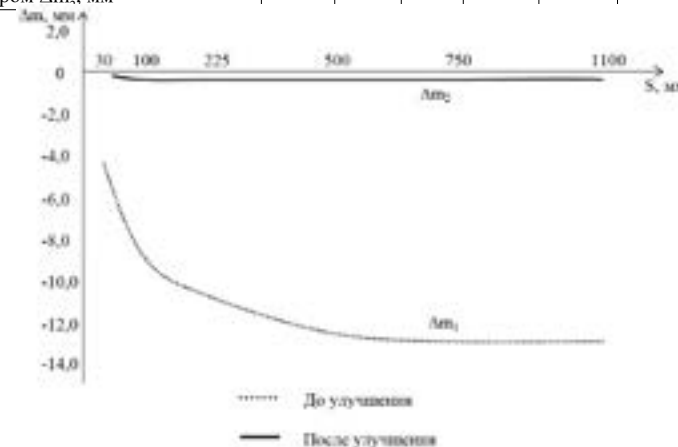


Рисунок 5 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите возле вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать горизонтальную стенку на расстоянии $4R \dots 30R$ ниже сенсора, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до горизонтальной стенки в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 3 и рисунке 6. Из-за дополнительных штырей под изоляционной пластиной минимальное расстояние до дна составляет 70 мм.

Таблица 3 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки

Расстояние от сенсора до горизонтальной стенки S, мм	30	45	70	100	150
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-21,54	-11,02	-6,58	-5,72	-5,64
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм			-5,52	-3,48	-1,37

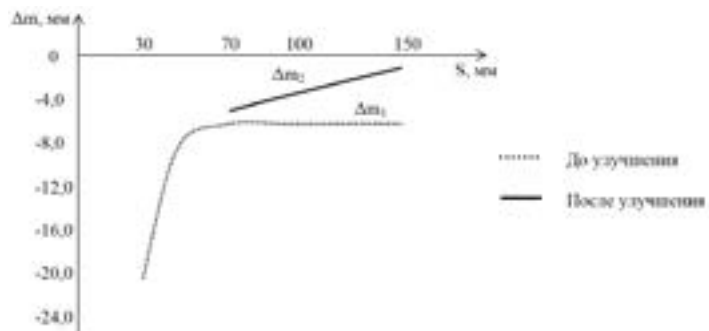


Рисунок 6 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP13268797).

Выводы

Моделирование стержня в электролите методом конечных элементов позволяет моделировать любую конфигурацию среды с разными условиями электропроводности жидкости и расположения сенсора. Результаты моделирования позволяют оценить погрешность измерения устройства, основанного на потенциометрическом методе измерения.

Моделирование потенциометрического измерителя уровня без улучшения показывает его неудовлетворительные метрологические характеристики.

В статье предложены конструкционные улучшения, которые позволяют повысить метрологические характеристики до приемлемого уровня.

После улучшения конструкции измерителя уровня было проведено сравнительное моделирование, которое наглядно показывает улучшение всех характеристик измерения при различных расположениях измерителя уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дивин, А. Г., Пономарев, С. В., Мозгова, Г. В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие [Текст]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 2. – С. 45–59.

2 Mohindru, P. Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review [Текст] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 с.

3 Singh, Y., Raghuvanshi, S. K., Kumar, S. Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Текст] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. – С. 329–340.

4 Ташматов, Х. К. Микропроцессорная измерительная система контроля расходов воды для открытых каналов гидромелиоративных систем [Текст] // Инновационная наука. – 2015. – №6. – С. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Текст] : Пат. US20190049282A1 США.; заявитель и патентообладатель Baumer Electric AG.; опубл. 14.02.19. – 7 с.

6 Staff, E. Potentiometric Level Measurement Principle [Текст] // Inst Tools. – 2017. – [Электронный ресурс] – URL: <https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle> (Дата обращения 02.09.23)

7 Алексеев, Г. В. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений : учебное пособие [Текст]. – Владивосток : Владивосточный федеральный университет, 2010. – С. 19–29.

8 Dimitrios, G. Essentials of the Finite Element Method [Текст]. – Academic Press, 2015. – С. 1–18.

9 Tan, C. M., Li, W., Gan, Z. Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections // Microelectronics Reliability [Текст]. – 2012. – №8. – С. 1539–1545.

10 Калиткин, Н.Н., Корякин, П.В. Численные методы. Методы математической физики : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования [Текст]. – М : Академия, 2013. – С. 101–104.

REFERENCES

1 Divin, A. G., Ponomarev, S. V., Mozgova, G. V. Metody i sredstva izmerenij, ispytanj i kontrolja : uchebnoe posobie [Methods and instrumentation, testing and control: a tutorial] [Text]. – Tambov : Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2012. – P. 2. – P. 45–59.

2 Mohindru, P. Development of Liquid Level Measurement Technology: A Review [Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review] [Text] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 p.

3 Singh, Y., Raghuvanshi, S. K., Kumar, S. Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques][Text] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. P. 329–340.

4 Tashmatov, H. K. Mikroprocessornaja izmeritel'naja sistema kontrolja rashodov vody dlja otkrytyh kanalov gidromeliorativnyh sistem [Microprocessor

measuring system for monitoring water flow rates for open channels of irrigation and drainage systems] [Text] // Innovacionnaja nauka. – 2015. – № 6. – P. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container] [Text] : Pat. US20190049282A1 USA; zajavitel' i patentoobladatel' Baumer Electric AG.; opubl. 14.02.19. – 7 p.

6 Staff, E. Potentiometric Level Measurement Principle [Potentiometric Level Measurement Principle] [Text] // Inst Tools. – 2017. – [Electronic resource] – URL: <https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle> (Data obrashhenija 02.09.23)

7 Alekseev, G. V. Vvedenie v chislennye metody reshenija differencial'nyh uravnenij: uchebnoe posobie [Introduction to numerical methods for solving differential equations : a tutorial] [Text]. – Vladivostok : Vladivostochnyj federal'nyj universitet, 2010. – P. 19–29.

8 Dimitrios, G. Essentials of the Finite Element Method [Essentials of the Finite Element Method] [Text]. – Academic Press, 2015. – P. 1–18.

9 Tan, C. M., Li, W., Gan, Z. Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections [Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections] [Text] // Microelectronics Reliability. – 2012. – № 8. – P. 1539–1545.

10 Kalitkin, N. N., Korjakin, P. V. Chislennye metody. Metody matematicheskoy fiziki : uchebnik dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija [Numerical methods: in 2 books. Book 2. Methods of mathematical physics : a textbook for students of higher prof. education] [Text]. – Moscow : Akademija, 2013. – P. 101–104.

Принято к изданию 28.11.23.

*А. П. Смирнов¹, Е. С. Риттер², А. А. Савостин³, Д. В. Риттер⁴,
С. С. Молдахметов⁵
^{1,2,3,4,5}Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЭЛЕКТРОТКІЗГІШ ОРТА ДЕҢГЕЙІНІҢ ПОТЕНЦИОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕГІШІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ӨЛШЕГІШТІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЖАҚСARTУ

Бұл мақалада электроткізгіш сұйықтық деңгейінің
потенциометриялық өлшегіші қарастырылған. Әрекет принципі

қарастырылған, деңгейді өлшеудің потенциометриялық әдісінің
мықты және әлсіз жақтары анықталған. Өлшегіштің өлшеу қателігін
талдау үшін декарттық координаттардағы ақырғы элементтер
әдісімен (АЭӘ) сандық модельдеуді қолдана отырып, электроткізгіш
сұйықтық ортасында потенциометриялық датчиктің жұмыс моделі
жасалды. Потенциометриялық деңгейөлшеуіштегі деңгейді өлшеу
қателігінің артылмайтын шамасы бар және сұйықтық деңгейіне
және деңгей өлшегіштің орналасуына байланысты болатындығы
көрсетілген.

Конструкцияның кемшіліктерін жою үшін тік қабырғаға дейінгі
қашықтыққа тәуелділікті және зондты электроткізгіш сұйықтықпен
айналып өтуді және зондтан резервуардың түбіне дейінгі
қашықтыққа тәуелділікті төмендететін оқшаулағыш пластинаны
төмендететін қосымша жерге тұйықталған шыбықтар түріндегі
конструктивті жақсартулар ұсынылады. Бұл жақсартулар өлшеу
нәтижесіне қателік әкелетін факторлардан арылуға мүмкіндік берді
және нәтижесінде сұйықтық деңгейін өлшеу дәлдігін арттырды.

Декарттық координаттардағы электролиттегі электр өрісін
модельдеудің әзірленген әдісіне сүйене отырып, конструкцияны
жақсартқанға дейін және одан кейін салыстырмалы модельдеу
жүргізілді. Салыстырмалы модельдеу өлшеу дәлдігінің айтарлықтай
жақсарғанын көрсетті. Салыстырмалы модельдеу нәтижелері
графиктерде келтірілген.

Кілтті сөздер: потенциометриялық әдіс, деңгей өлшегіш,
деңгейөлшеуіш, сандық модельдеу әдістері, ақырғы элементтер әдісі,
өлшеу қателігі

*P. Smirnov¹, E. S. Ritter², A. A. Savostin³, D. V. Ritter⁴, S. S. Moldakhmetov⁵
^{1,2,3,4,5}Manash Kozybayev North Kazakhstan niversity,
Republic of Kazakhstan Petropavlovsk
Accepted for publication on 28.11.23

NUMERICAL SIMULATION OF A POTENTIOMETRIC LEVEL METER IN AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE MEDIUM AND IMPROVING THE LEVEL METER CONSTRUCTION

This article considers a potentiometric level meter for an electrically
conductive liquid. The principle of operation is considered, the strengths
and weaknesses of the potentiometric method of level measurement are

determined. To analyze the measurement error of the meter, a model of the operation of a potentiometric sensor in an electrically conductive fluid medium has been developed using numerical simulation by the finite element method (FEM) in Cartesian coordinates. It is shown that the error in level measurement in a potentiometric level gauge has an unacceptable value and depends on the liquid level and the location of the level meter.

To eliminate construction weakness, design improvements were proposed in the form of additional grounded rods, which reduced the dependence on the distance to the vertical wall and bridging the probe with an electrically conductive liquid, and an insulating plate, which reduced the dependence on the distance from the probe to the bottom of the tank. These improvements have eliminated factors that introduce error into the measurement result, and as a result have increased the accuracy of liquid level measurements.

Based on the developed method for modeling the electric field in an electrolyte in Cartesian coordinates, comparative modeling was carried out before and after improving the construction. Comparative simulations showed that the measurement accuracy was significantly improved. The results of comparative modeling are shown in the graphs.

Keywords: potentiometric method, level meter; level gauge, numerical modeling methods, finite element method, measurement error

FTAMP 49.37.29

<https://doi.org/10.48081/XCCW5875>

***А. С. Толегенова¹, Т. Г. Сериков², А. О. Карабасов³,
Р. Т. Қасым⁴, Б. Тұрдыбек⁵**

^{1,2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы;

^{4,5}Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы
e-mail: balgyn.bek.2018@gmail.com

КЕҢ ЖОЛАҚТЫ АНТЕННАНЫҢ КӨМЕГІМЕН КӨП ЧИПТІ ДЕРЕКТЕРДІ БЕРУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бірнеше жұмыс кристалды байланыстыру үшін *mm-wave* сымсыз қосылымдарын пайдалануды қамтиды және олардың жүйелік деңгейде кідірісі мен икемділігі төмен таралуының арқасында бұл жаңа парадигма қолданыстағы көп ядролы архитектуралардың масштабталу кедергілерін жеңе алатынын көрсетеді. Дегенмен, дәл сол жұмыстар чиптің сымсыз ішкі арнасын дұрыс түсінбестен 10 Гбит/с-тан жоғары жылдамдықты және 1 Pj/bit-ке жақын тиімділікті болжайды. Бұл мақалада мұндай болжамдар коммерциялық чиптердің шығындары мен дисперсиясын бағалай отырып, шындықтан алыс екендігі алғаш рет көрсетілген. Негізгі мәселені одан әрі ашу және WNoC әлеуетін растау үшін осы жаңа сымсыз сценарийдің бірегей қасиеттерін – монолитті және статикалық сипатты қолданатын әдістеме ұсынылды, оның қолданылуы мақалада талқыланады. Сценарийдің бірінші қасиеті арнаны жобалауға мүмкіндік береді, яғни таратуды жақсарту үшін өндіруші үшін чипсет пакетін ыңғайлы түрде өзгерту мүмкіндігі бар. Зерттеу чиптің жиілік реакциясын оның корпусының өлшемдерін мұқият таңдау арқылы оңтайландыру үшін осы бірегей қасиетті пайдаланады. Ақырында, оған бейімделу үшін арнаның статикалық қасиеттері қолданылады және физикалық деңгейде қарапайым түзетулер арқылы тиімділік пен жылдамдықты арттыру әдеттері қарастырылады.

Кілттік сөздер: кең жолақты антенна, чипаралық байланыс, сымсыз желі, миллиметрлік толқын, маршруттау.