

УДК 621.317.33:621.351

А.В. Вовна (канд. техн. наук, доц.), И.С. Лактионов
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра электронной техники
E-mail: Vovna_Alex@ukr.net, ivanlaktionov88@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Разработана математическая модель компьютеризированной системы измерительного контроля влажности почвы. Проведены исследования степени соответствия разработанной математической модели экспериментальным данным. Установлены основные дестабилизирующие факторы, влияющие на точность определения влажности почвы кондуктометрическим методом. Выполнена количественная и качественная оценка степени влияния основных дестабилизирующих факторов на точность определения влажности почвы. Обоснована необходимость учета и компенсации дестабилизирующего влияния температуры, геометрических параметров измерительной установки и проводимости солей жидкой фазы почвы в процессе измерения влажности. Разработана структура измерителя влажности почвы в полевых условиях.

Ключевые слова: измерительный контроль, влажность, почва, точность, температура.

Общая постановка задачи исследования

Экологическая ситуация в Украине за последние годы значительно ухудшилась. Наиболее остро этот вопрос стоит в промышленных регионах страны таких, как Донбасс. Экологическая обстановка в Украине, в целом, а также в отдельно взятых регионах напрямую зависит от разнообразия представителей флоры. Для разработки агротехнических приемов по уходу за произрастающими растениями необходимо знать ряд параметров почвы. Одним из них является влажность. Получение информации о ее влажности позволяет качественно и количественно оценить всасываемость корневой системой растений тяжелых металлов и различных микроорганизмов из почвы. При избытке влаги увеличивается содержание в почве закисных соединений железа и марганца, что неблагоприятно сказывается на развитии растений. При дефиците влаги нарушается согласованность в работе ферментных систем, усиливаются процессы гидролиза и распада органических веществ, резко снижается интенсивность фотосинтеза. Таким образом, экспресс-получение достоверной информации о влажности почвы является актуальной научно-технической задачей.

Постановка задачи исследования

При решении вопроса экспресс-получения достоверной информации о влажности почвы важную роль играют современные высокоэффективные компьютеризированные средства измерения. Основным требованием, которое предъявляется к разрабатываемой измерительной системе, является возможность проведения эффективных измерений в полевых условиях. Следовательно, возникает задача получения характеристик преобразования системы, а именно, зависимости выходных электрических сигналов от влажности с учетом влияния дестабилизирующих факторов, что позволит повысить точность определения влажности почвы и обосновать структуру средства измерительного контроля влажности почвы.

© Вовна А.В., Лактионов И.С.

Решение поставленной задачи и результаты исследований

Анализ существующих методов измерения влажности показал, что их можно классифицировать на две группы: прямые и косвенные. Прямые методы позволяют определить массу влаги и сухого остатка, к ним относятся: метод взвешивания, экстракционный и химический методы. Косвенные методы позволяют определить влажность по изменению какого-либо параметра почвы, функционально связанного с ней. К косвенным методам определения влажности относятся: кондуктометрический, нейтронный и диэлькометрический методы, а также метод ядерно-магнитного резонанса [1, 2]. Прямые методы измерения влажности почвы характеризуются высокой точностью, предельное значение суммарной относительной погрешности при доверительной вероятности $P=0,95$ составляет 7 % [3]. Однако, длительность и сложность анализа, а также громоздкость аппаратуры не удовлетворяют условию экспресс-получения информации. Косвенные методы определения влажности почвы характеризуются высоким быстродействием, но по своей точности уступают прямым. Косвенные методы позволяют выполнять измерения влажности почвы в полевых условиях.

На основании проведенного анализа существующих методов определения влажности почвы, в качестве базового был выбран кондуктометрический метод. Основой математической модели кондуктометрического метода является зависимость между удельным электрическим сопротивлением (УЭС) почвы и ее влажностью, с учетом дестабилизирующих параметров. Таким образом, обобщенная структура процесса определения влажности почвы выглядит следующим образом.

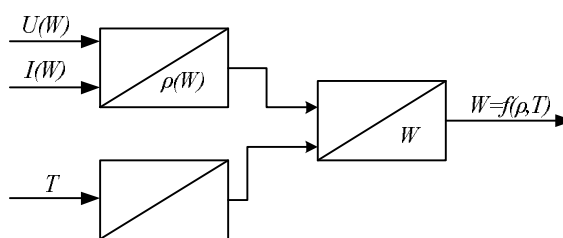


Рисунок 1 – Обобщенная структура процесса определения влажности почвы

Из анализа схемы, представленной на рис. 1, видно, что для определения влажности почвы кондуктометрическим методом необходимо непосредственно измерять УЭС почвы, а также компенсировать дестабилизирующее влияние температуры. Измерять УЭС почвы можно с помощью различных технических средств, но наиболее целесообразно проводить измерения в полевых условиях с помощью четырехэлектродной установки, которая состоит из пары измерительных и питающих электродов, что позволяет определить влажность почвы без нарушения почвенного покрова. Структурная схема четырехэлектродной установки представлена на рис. 2.

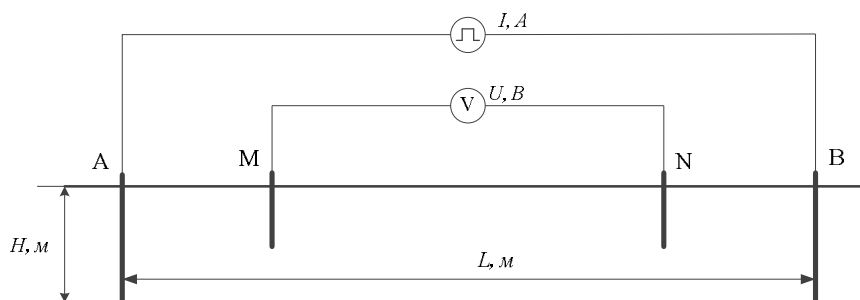


Рисунок 2 – Структурная схема четырехэлектродной установки измерения УЭС

В основу математической модели кондуктометрического метода определения влажности почвы положен закон Ома в дифференциальной форме [4]:

$$\bar{j} = \frac{1}{\rho} \bar{E}, \quad (1)$$

где \bar{j} – вектор плотности тока, [А/м²]; ρ – УЭС, [Ом·м]; \bar{E} – вектор напряженности электрического поля, [В/м].

При разработке математической модели было принято допущение, что питающие электроды (А и В) рассматриваются, как точечные источники энергии. Это предположение верно при условии, что глубина погружения электродов намного меньше расстояния между ними, т.е. $H = (0,05..0,1)L$. Следовательно, при расстоянии между питающими электродами (L_{AB}) равном 1 м, глубина погружения электродов в почву не должна превышать 10 см.

Ток от точечного источника растекается по эквипотенциальным поверхностям, которые представляют собой концентрические полусферы с центром расположенным в источнике (например, электрод А) и радиусом r , следовательно, плотность тока в любой точке полусферы равна [4]:

$$j = \frac{I}{2\pi r}. \quad (2)$$

Напряженность электрического поля равна градиенту потенциала и в сферической системе координат вычисляется по формуле [4]:

$$E = r \frac{d\varphi}{dr} + \theta \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{d\theta} + \alpha \frac{1}{r \sin(\theta)} \frac{d\varphi}{d\alpha} + \frac{d\varphi}{dt}. \quad (3)$$

Из-за симметрии рассматриваемой задачи отсутствуют частные производные по θ и α [5]. Частная производная по времени ($d\varphi/dt$) также равна нулю, так как пропускаемый ток имеет прямоугольную форму. Данная форма тока выбрана с целью устранения эффекта поляризации электродов. Таким образом, подставляя формулы (2) и (3) в (1), получаем выражение для расчета удельного электрического сопротивления однородной среды:

$$\rho = \frac{2\pi r U}{I}, \quad (4)$$

где r – радиус концентрических полусфер, [м]; U – напряжение между электродами М и N, [В]; I – ток между электродами А и В, [А].

В предположении, что через электрод А протекает ток I и, соответственно, через электрод В ток $-I$, получаем, что потенциалы на электродах М и N, соответственно, равны:

$$\varphi_M = \frac{I\rho}{2\pi} \cdot \left(\left[\frac{1}{[L_{AM}]} - \frac{1}{[L_{BM}]} \right] \right);$$

$$\varphi_N = \frac{I\rho}{2\pi} \cdot \left(\left[\frac{1}{[L_{AN}]} - \frac{1}{[L_{BN}]} \right] \right).$$

Следовательно, напряжение между электродами М и N равно:

$$U_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\left[\frac{1}{[L_{AM}]} - \frac{1}{[L_{BM}]} \right] - \left[\frac{1}{[L_{AN}]} - \frac{1}{[L_{BN}]} \right] \right). \quad (5)$$

После подстановки преобразованного выражения (5) в формулу (4), получаем формулу для расчета УЭС почвы:

$$\rho = \frac{KU}{I}. \quad (6)$$

В формуле (6) K – это коэффициент установки, который вычисляется по формуле:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\left[\frac{1}{[L_{AM}]} - \frac{1}{[L_{BM}]} \right] - \left[\frac{1}{[L_{AN}]} - \frac{1}{[L_{BN}]} \right] \right)} \tag{7}$$

На основании формулы (7) может быть оценена погрешность определения коэффициента установки. Абсолютная погрешность определения коэффициента установки может быть рассчитана по формуле [6]:

$$\Delta_K = |K_{\Delta L=0} - K_{\Delta L \neq 0}|, \tag{8}$$

где $K_{\Delta L=0}$ – значение коэффициента установки, при погрешности измерения расстояния между электродами равной нулю; $K_{\Delta L \neq 0}$ – значение коэффициента установки, при погрешности измерения расстояния между электродами не равной нулю.

Зависимость абсолютной погрешности определения коэффициента установки (Δ_K) от погрешности измерения расстояния между электродами (Δ_L) представлена на рис. 3, при условии: $L_{AB} = 1$ м и $L_{MN} = 0,3$ м. При данных условиях $K_{\Delta L=0}$ равно 2,38.

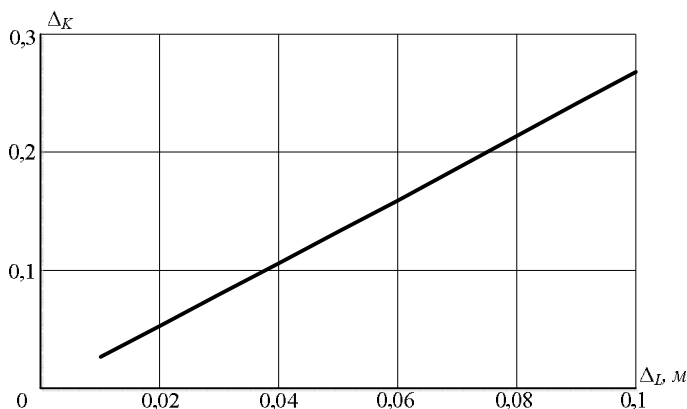


Рисунок 3 – Зависимость Δ_K от Δ_L

На основании анализа зависимости, представленной на рис. 3, установлено, что относительная погрешность определения коэффициента установки (δ_K) изменяется в диапазоне от 1,5 до 11 %.

Выражение (6) справедливо для измерений УЭС на постоянном токе. Как было ранее отмечено, в настоящей работе предполагается проводить измерения на переменном токе, который имеет прямоугольную форму типа меандр, где положительный и отрицательный импульсы имеют одинаковые амплитудные и временные характеристики. Для определения частотного диапазона питающего тока, представим измерительную установку УЭС (см. рис. 2) в виде схемы замещения, которая показана на рис. 4.

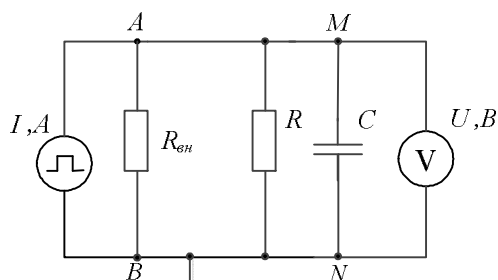


Рисунок 4 – Схема замещения измерительной установки УЭС почвы

На основании схемы замещения, представленной на рис. 4, напряжение между измерительными электродами (М и N) равно:

$$U = I \cdot Z_{\Sigma} = \frac{I}{\sqrt{1/R^2 + (j\omega C)^2 + 1/R_{вн}}}, \quad (9)$$

где U – напряжение между электродами М и N; I – ток между электродами А и В; R – активная составляющая полного сопротивления почвы; X_C – емкостная составляющая полного сопротивления почвы; $R_{вн}$ – внутреннее сопротивление источника тока, [Ом].

В идеальном случае – при $R_{вн} \rightarrow \infty$ и $\omega \rightarrow 0$, а в реальном – при $R_{вн} > 1$ МОм и $f < 1$ кГц, внутренним сопротивлением источника тока и емкостной составляющей полного сопротивления почвы можно пренебречь, а также с учетом коэффициента установки (K), формула (9) приобретает вид формулы (6). В диапазоне частот $f > 1$ кГц, необходимо учитывать емкостную составляющую УЭС почвы, т.е. необходимо учитывать УЭС жидкой фазы почвы, которая может быть установлена по формуле [8]:

$$\sigma = 10^3 \lambda \cdot c, \quad (10)$$

где σ – удельная электрическая проводимость (УЭП) жидкой фазы почвы, [Ом⁻¹·м⁻¹]; λ – молярная УЭП жидкой фазы почвы, [Ом⁻¹·м⁻¹·моль⁻¹]; c – концентрация раствора, [моль].

Так как суммарная концентрация раствора (жидкой фазы почвы) не может быть найдена, то формула (10) приобретает вид:

$$\sigma = 10^3 \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot c_i, \quad (11)$$

где λ_i – предельная молярная проводимость ионов i -го вещества, [Ом⁻¹·м⁻¹·моль⁻¹]; c_i – активность ионов i -го вещества, [моль].

Как видно из формулы (11), путем измерения активностей ионов различных химических веществ может быть установлена УЭП жидкой фазы почвы, следовательно, компенсировано дестабилизирующее влияние проводимости солей почвенного раствора в процессе определения влажности почвы.

Таким образом, выражение (6) для прямоугольного сигнала при условии, что емкостная составляющая полного сопротивления стремится к бесконечности, имеет вид:

$$\rho = \frac{KU_{\delta}}{I_{\delta}}, \quad (12)$$

где U_{δ} и I_{δ} – действующие значения измеренного напряжения и питающего тока.

Действующее значение напряжения для идеальных прямоугольных импульсов вычисляется по формуле [4]:

$$U_{\delta} = \sqrt{\frac{1}{T_H} \left(\int_0^{t_H} (U_m)^2 dt + \int_{t_H}^{T_H} (-U_m)^2 dt \right)} = U_m. \quad (13)$$

Выражение аналогичное (13), получается для величины силы тока. Таким образом, после подстановки (13) в (12), получаем формулу для расчета УЭС на переменном токе:

$$\rho = \frac{KU_{\delta}}{I_{\delta}} = \frac{KU_m}{I_m}, \quad (14)$$

где U_m и I_m – амплитудные значения измеренного напряжения и питающего тока.

Необходимо отметить, что выражение (14) справедливо только для однородных сред. Почва не является однородной средой, в ней помимо твердой фазы присутствуют жидкая и воздушная составляющие, которые необходимо учитывать при последующем определении влажности.

Влажность почвы и ее удельное сопротивление связаны следующей зависимостью [7]:

$$\rho = e^{a+bt} \cdot W^c, \quad (15)$$

где ρ – УЭС почвы, [Ом·м]; t – температура почвы, [°C]; W – влажность почвы, [%]; a , b и c – константы, характеризующие тип почвы, для чернозема, соответственно, равны: 10,9; -0,03 и -1,3 [7].

Подставляя (14) в (15), получаем формулу для определения влажности почвы:

$$W = \sqrt[c]{\frac{KU_m}{I_m e^{a+bt}}}. \quad (16)$$

Согласно работе [7], наиболее распространенным является диапазон влажности почвы от 10 до 50 %, а температуры от 5 до 45 °C. На основании данных о диапазонах изменения влажности и температуры почвы, может быть установлен диапазон изменения УЭС почвы, с целью оценки степени соответствия разработанной математической модели экспериментальным данным, а также получения характеристик преобразования измерительной системы. График зависимости УЭС от влажности и температуры почв представлен на рис. 5.

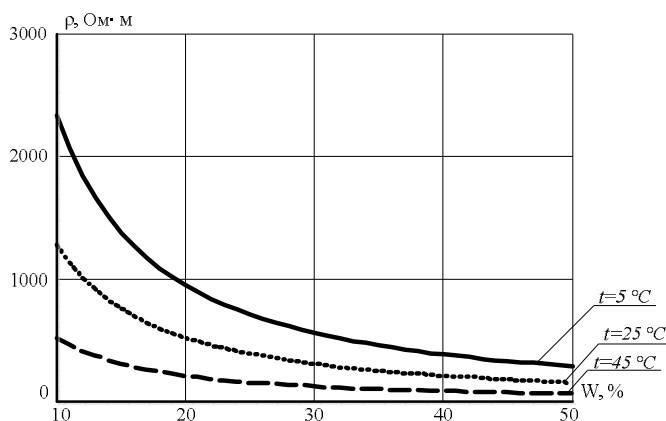


Рисунок 5 – Зависимость УЭС от влажности и температуры почв

Анализ зависимостей, представленных на рис. 5, позволяет оценить степень соответствия полученной математической модели измерителя влажности почвы. Оценка степени соответствия математической модели выполнена при стандартной температуре 25 °C. Диапазон теоретически полученных значений УЭС изменяется от 1280 до 160 Ом·м (см. рис. 5, средняя кривая), а экспериментально полученные значения УЭС (истинное значение) изменяются от 1100 до 80 Ом·м [2, 7]. Оценить степень соответствия полученной модели экспериментальным данным, можно используя критерий среднего относительного отклонения [6]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\rho_i^{(e)} - \rho_i^{(m)}}{\rho_i^{(m)}} \right)^2}, \quad (17)$$

где $\rho_i^{(e)}$ – экспериментальное значение УЭС; $\rho_i^{(m)}$ – теоретическое значение УЭС; n – число значений.

Степень соответствия математической модели измерителя влажности почвы, вычисленное по формуле (17), составляет 0,38. Стоит также отметить, что качественно теоретическая и экспериментальная зависимости коррелированы. Следовательно, в полученной математической модели не учтено свойство многофазности почвы. Как было ранее отмечено, формула (14) справедлива только для однородных систем, а почва является многофазной дисперсной системой. Таким образом, учет и компенсация УЭП жидкой фазы почвы является необходимым условием.

На основании определенного диапазона УЭС почвы и формулы (16) может быть получена основная характеристика преобразования измерительной системы. График зависимости напряжения между приемными электродами от влажности и амплитуды питающего тока, при температуре равной 25 °С и расстоянии между электродами (А и В) равном 1 м, изображен на рис. 6.

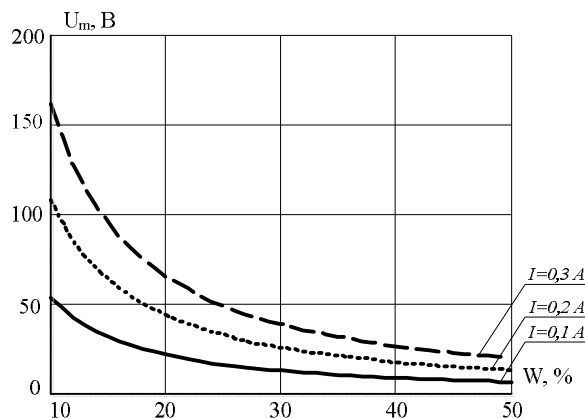


Рисунок 6 –Основная характеристика преобразования средства измерительного контроля влажности почвы

Проанализировав характеристику, представленную на рис. 6, видно, что амплитуда питающего тока равная 0,1 А является достаточной для детектирования напряжения между приемными электродами, при условии, что расстояние между питающими электродами составляет 1 м.

Из анализа формулы (16) видно, что при определении влажности кондуктометрическим методом дестабилизирующее влияние оказывает температура. Количественную оценку степени дестабилизирующего влияния температуры можно выполнить путем сравнения погрешностей измерения влажности с учетом влияния температуры и без учета, по формуле:

$$S = \frac{\delta W_{\Delta t=20}}{\delta W_{\Delta t=1}}, \tag{18}$$

где $\delta W_{\Delta t=20}$ —относительная дополнительная погрешность измерителя влажности при некомпенсированном значении температуры, %; $\delta W_{\Delta t=1}$ —относительная дополнительная погрешность измерителя влажности при компенсированном значении температуры, %.

Абсолютная дополнительная погрешность измерения влажности почвы определяется по формуле [6]:

$$\Delta W = 1,1 \sqrt{\left(\frac{\partial W}{\partial U} \Delta U\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial I} \Delta I\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial K} \Delta K\right)^2 + \left(\frac{\partial W}{\partial t} \Delta t\right)^2}, \tag{19}$$

Проанализировав формулу (19) видно, что для уменьшения погрешности измерения влажности почвы необходимо производить учет и компенсацию дестабилизирующего влияния температуры, т. е. $\Delta t \rightarrow 0$, так как погрешности измерения тока (ΔI) и напряжения (ΔU) определяются классами точности используемых измерительных приборов. Также, необходимо стремиться уменьшить погрешность коэффициента установки (ΔK), которая обусловлена неточностью определения расстояния между электродами.

Зависимости относительных погрешностей определения влажности от температуры при различных погрешностях измерения расстояния между питающими электродами при не компенсированном и компенсированном дестабилизирующем влиянии температуры почвы

представлены на рис. 7 а и б, соответственно, при условии, что абсолютные погрешности измерения напряжения и тока, соответственно, равны: 0,1 В и 0,01 А.

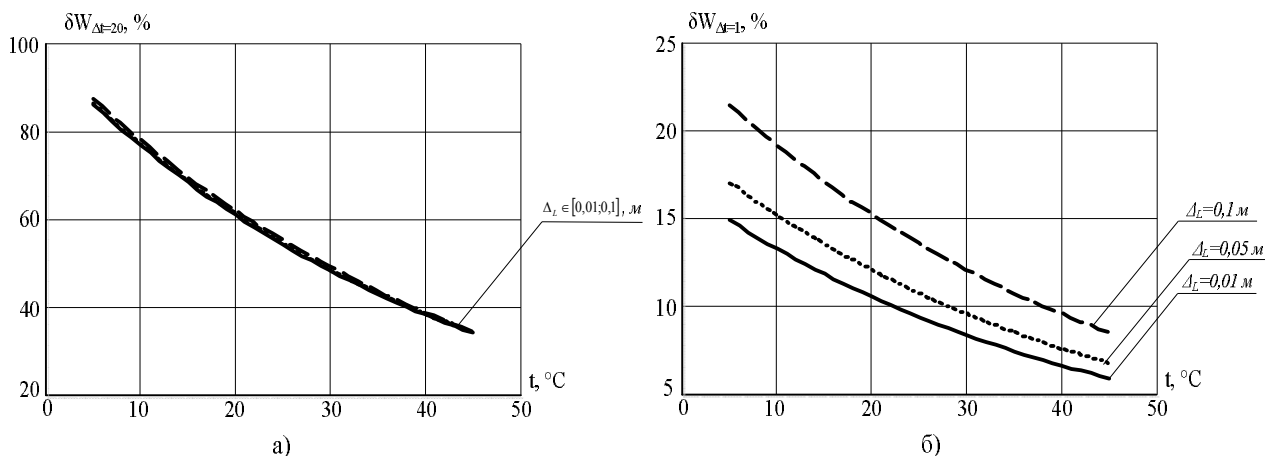


Рисунок 7 – Зависимость дополнительных относительных погрешностей измерения влажности почвы

Анализ зависимостей, представленных на рис. 7, показал, что компенсация дестабилизирующего влияния температуры является необходимым условием. Также следует уменьшать погрешность измерения расстояния между питающими электродами, так как отношение погрешностей определения влажности, которое вычисляется по формуле (18), при $\Delta L=0,01 \text{ м}$ равно 5,9; а при $\Delta L=0,1 \text{ м}$ – 4,1, т.е. в 1,4 больше.

На основании проведенных исследований была разработана структурная схема измерителя влажности почвы, которая представлена на рис. 8.

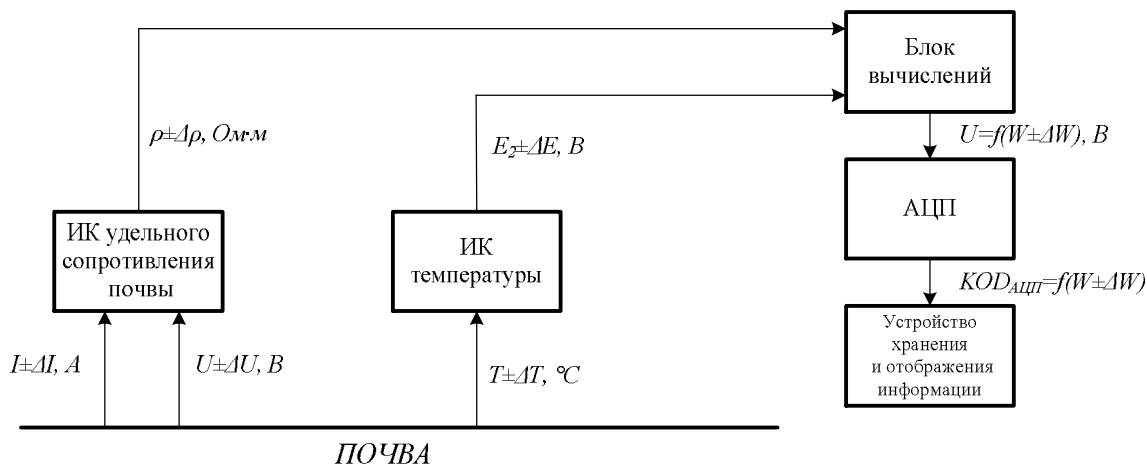


Рисунок 8 – Структурная схема измерителя влажности почвы

Принцип работы системы измерительного контроля влажности почвы, структурная схема которой представлена на рис. 8, заключается в одновременном измерении УЭС и температуры почвы. Для измерения УЭС необходимо через питающие электроды, которые погружены в почву, пропускать ток амплитудой 0,1 А и измерять его с погрешностью не превышающей 0,01 А, на приемных электродах необходимо детектировать напряжение, которое изменяется в диапазоне от 5 до 50 В, с погрешностью не более 0,1 В. Одновременно с измерением УЭС выполняется контроль температуры почвы в диапазоне от 5 до 45 °С, с погрешностью не превышающей 1 °С. Полученные значения УЭС и температуры передаются в блок вычислений, где пересчитываются в эквивалентное значение влажности почвы. При

погрешности измерения расстояния между питающими электродами не превышающей 1 %, относительная дополнительная погрешность определения влажности находится в диапазоне от 6 до 15 %. С целью компенсации дестабилизирующего влияния проводимости солей почвенного раствора в структуру компьютеризированной системы измерительного контроля влажности может быть включен измерительный канал активностей ионов химических веществ, что позволит повысить точность разработки.

Выводы

1. Разработана математическая модель компьютеризированной системы измерительного контроля влажности почвы. Поставлены требования к измерительным каналам системы: амплитуда питающего тока равна 0,1 А, погрешность не должна превышать 0,01 А; диапазон детектируемого напряжения от 5 до 50 В, погрешность не должна превышать 0,1 В; температурный диапазон от 5 до 45 °С, погрешность не должна превышать 1 °С.

2. Выполнена оценка степени соответствия разработанной математической модели экспериментальным данным, которая составила 0,38. Установлен диапазон изменения относительной дополнительной погрешности определения влажности почвы, который при условии компенсации дестабилизирующего влияния температуры, составляет от 6 до 15 %. Определена максимально допустимая относительная погрешность измерения расстояния между питающими электродами установки, если она не превышает 1 %, то точность определения влажности увеличивается в 1,4 раза.

3. Обоснована необходимость учета дестабилизирующих факторов, а также пути их компенсации, в результате чего была предложена структурная схема компьютеризированной системы измерительного контроля, которая позволяет получать экспресс-информацию о влажности почвы в полевых условиях

Список использованной литературы

1. Шеин Е.В. Курс физики почв: учебник/ Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.
2. Поздняков А.И. Электрофизические свойства некоторых почв/ А.И. Поздняков, Ч.Г. Гюлялыев. – Москва-Баку: Адильоглы, 2004. – 240 с.
3. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений: ГОСТ 28268-89. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: электрические цепи/Л.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1996. – 628 с.
5. Крылов С.С. Методические указания «ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ СТАНЦИЯ «Эра-МАХ»/ С.С. Крылов, А.С. Егоров, А.Н. Шелехов. – СПб.: Государственный горный институт им. Г.В. Плеханова, 2007. – 126 с.
6. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. Учебник для вузов/ Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа, 2001. – 205 с.
7. Нерпин С.В. Физика почв/ С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 584 с.
8. Краснов К.С. Физическая химия: учеб. для вузов: в 2 кн. / [К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Горднев и др.]. – М. Высшая школа, 2001. - Кн. 2.: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. - 2001. – 319 с.

Надійшла до редакції:
03.04.2013

Рецензент:
д-р техн. наук, проф. Зорі А.А.

О.В. Вовна, І.С. Лактіонов

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Математична модель комп'ютеризованої системи вимірювального контролю вологості ґрунту. Розроблено математичну модель комп'ютеризованої системи вимірювального контролю вологості ґрунту. Проведено дослідження ступеню відповідності розробленої математичної моделі експериментальним даним. Встановлено основні дестабілізуючі фактори, які впливають на точність визначення вологості ґрунту кондуктометричним методом. Виконано кількісну та якісну оцінку ступеню впливу основних дестабілізуючих факторів на точність визначення вологості ґрунту. Обґрунтовано необхідність врахування та компенсації дестабілізуючого впливу температури, геометричних параметрів вимірювальної установки та провідності солей рідкої фази ґрунту в процесі вимірювання вологості. Розроблено структуру вимірювача вологості ґрунту в польових умовах.

Ключові слова: вимірювальний контроль, вологість, ґрунт, точність, температура.

A.V. Vovna, I.S. Laktionov

Donetsk National Technical University

Mathematical Model of the Computerized System of Measuring Monitoring for Soil Humidity.

Analysis of existing methods of humidity control was carried out. The choice of a method was justified to develop a mathematical model and structure of measurement tool. A mathematical model of the computerized system of measuring monitoring for soil humidity was developed. The mathematical model investigations have been carried out by simulation methods. The adequacy of the resulting mathematical model is equal to 35 %. Conversion characteristic was obtained with the influence of the main destabilizing factors. This characteristic has the following form $W=f(U, I, t)$. Thus humidity depends on the voltage between the receiving electrodes, the current between the source electrodes and the temperature of the soil. The requirements were set to measuring channels in the humidity's range from 10 to 50 %. The amplitude of the current between source's electrodes is equal (0.1 ± 0.1) A; the voltage between the receiving electrodes varies from 5 to 50 V, the measurement error is equal 0.1 V; the temperature varies in the range from 5 to 45 °C, the measurement error is equal 1 °C. Requirements for the accuracy of distance between the source's electrodes were obtained, the measurement error should not exceed 1 %. Quantitative and qualitative assessment of the influence of the main destabilizing factors was performed. The range of changes of the relative additional error of measuring soil humidity was obtained. Criterion of efficiency humidity meter was founded. If the error of measuring the distance between the electrodes is equal to 1 %, than criterion is equal 5.9 and if the error of measuring the distance between the electrodes is equal to 10 %, than criterion is equal 4.1; their ratio is equal 1.4. The need to incorporate and compensate of the destabilizing factors was justified for the humidity's measurement. The block diagram of a computerized system for measuring soil humidity has been developed for the field conditions.

Keywords: measurement monitoring, humidity, soil, accuracy, temperature.