

electric motor and a remote rotor. Large differences in phase voltages are observed in case of a remote rotor. The proposed method for marking the phases of three-phase electric motors is more convenient for use in practice due to its decreased time consumption and fewer switching-over acts.

Key words: three-phase electric motor, marking of stator windings.

References

1. Vorob'yev V.A. Praktikum po elektroprivodu sel'skokhozyaystvennykh mashin [Workshop on the electric drive of agricultural machines]. Moscow, BIB-KOM, TRANSLOG, 2016. 224 p. (In Rus.)
2. Aliyev I.I. Spravochnik po elektrotekhnike i elektrooborudovaniyu: Ucheb. posobiye dlya vuzov [Handbook of electrical engineering and electrical equipment: Study manual for universities]. Rostov n/D, Feniks, 2003. 480 p. (In Rus.)
3. Kononenko V.V., Mishkovich V.I. et al. Praktikum po elektrotekhnike i elektronike: Ucheb. posobiye dlya vuzov [Workshop on electrical engineering and electronics: Study manual for universities]; Ed. by Kononenko V.V. Rostov n/D, Feniks, 2007. 384 p. (In Rus.)
4. Kasatkin A.S., Nemtsov M.V. Elektrotekhnika: Ucheb. dlya vuzov [Electrical Engineering: Study manual for universities]. Moscow, Vyssh. shk., 2007. 542 p. (In Rus.)
5. Ivanov I.I., Solov'yev G.I., Ravdonik V.S. Elektrotekhnika: Uchebnik [Electrical Engineering Technologies: Textbook]. Sankt-Peterburg, Lan', 2006. 496 p. (In Rus.)
6. Benevolenskiy S.B., Marchenko A.L. Osnovy elektrotekhniki: Ucheb. posobiye dlya vtuzov [Fundamentals of Electrical Engineering: Study manual for universities]. Moscow, Izdatel'stvo Fiziko-matematicheskoy literatury, 2006. 568 p. (In Rus.)
7. Zhavoronkov M.A., Kuzin A.V. Elektrotekhnika i elektronika: Ucheb. posobiye dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedeniy [Electrical Engineering and Electronics: Study manual for universities]. Moscow, Akademiya, 2005. 400 p. (In Rus.)
8. Akhmedeyev R.V., Vavilova I.V., Grakhov P.A., Krymskaya T.M. Elektricheskiye i magnitnyye tsepi: Praktikum po distsipline "Elektrotekhnika i elektronika" [Electric and magnetic circuits: Workshop on the "Electrical Engineering and Electronics" subject]. Ufa: UGATU, 2007. 78 p. (In Rus.)
9. Rekus G.G. Osnovy elektrotekhniki i promyshlennoy elektroniki v primerakh i zadachakh s resheniyami: Ucheb. posobiye [Fundamentals of electrical engineering and industrial electronics in practical examples and case studies: Textbook]. Moscow, Vyssh. shk., 2008. 227 s. (In Rus.)

The paper was received on January 12, 2018

УДК 621:542.04:631.417.2

DOI 10.26897/1728-7936-2018-3-69-73

КУДРЯВЦЕВА ЕКАТЕРИНА АНАТОЛЬЕВНА

E-mail: eafesyun@gmail.com

СУДНИК ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: sudnikya@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВЕ

Разработана специальная методика проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве согласно новому способу определения содержания гумуса в почве с учётом её электрических свойств. Существенным отличием предлагаемой методики является то, что проводят измерения электрического сопротивления площади поверхности почвы между группами электродов. Такая методика предусматривает размещение зондирующих и измерительных электродов на значительной площади (до 10 кв. метров) почв. Щупы электродов при этом заглубляются в почву на глубину до 20 см на расстоянии до 10 м. Щупы измерительных электродов заглубляются в землю на линии размещения зондирующих электродов внутри них. Размещаются измерительные электроды симметрично центру между зондирующими электродами на рассто-

янии друг от друга, равном 1/3 расстояния между зондирующими электродами. Зондирующие и измерительные электроды можно располагать двумя способами. Первый способ: измерительные электроды – по окружности, в центре – зондирующий электрод. Второй способ – линия размещения зондирующих электродов параллельна линии измерительных электродов. В соответствии с приведенной методикой проведены успешные экспериментальные исследования по определению содержания гумуса в почве, при этом погрешность измерения гумуса почв составила не более 5%. Дальнейшие исследования свойств электрической активности гумусового горизонта почвы (согласно приведенной методике) будут способствовать решению таких задач, как: оценка экологии и качества почв; прогноз урожайности различных культур; выявление благоприятных (для определённых культур) почвенных зон, регионов; создание совершенных технологий обработки почв и повышения эффективности использования различных удобрений и др.

Ключевые слова: гумус, почва, контроль, мониторинг, аналогово-цифровой преобразователь, измерительные и диагностирующие электроды.

Введение. Содержание гумуса в почве – основной показатель её плодородия. Существующие методы и методики контроля гумуса почв неоперативны, сложны и дороги. Поэтому разработка новых методик для экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве является на сегодняшний день актуальной задачей.

Цель исследования – разработка методики проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве.

Традиционная методика [1, 2, 3], разработанная для массового определения гумуса в почвах, базируется на общепринятом лабораторном методе Тюринга, основанном на окислении органического вещества почвы хромовой кислотой до образования углекислоты. Количество кислорода, израсходованного на окисление органического углерода, определяют по разности между количеством хромовой кислоты, взятой для окисления, и её количеством, оставшимся неизрасходованным после окисления. В качестве окислителя применяют раствор дихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) в серной кислоте, по разности которого до и после окисления определяют содержание органического углерода (гумуса). Метод неоперативен, сложен и дорог.

Известна также методика [4, 5] определения содержания гумуса в почве согласно способу определения электрических свойств почв с использованием постоянного тока, заключающемся в контроле электрического сопротивления почвы и его корреляции с содержанием гумуса в почве. Недостатком известного способа и соответствующей методики является значительная погрешность измерений.

Результаты и обсуждение. Разработана специальная методика проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве согласно новому способу определения электрических свойств почвы. Естественные электрические токи в почве незначительны, поэтому их создают искусственно на время измерения. Для этого используют наряду с измерительными и зондирующие электроды, соединённые с генератором постоянного и переменного электрических токов. Методика предусматривает размещение зондирующих и измерительных электродов на значительной площади (до 10 м²) почв. Для проведения измерений необходимо выполнить подключение зондирующих и измерительных электродов к измерительному прибору с помощью электрических кабелей.

Щупы электродов при этом заглубляются в почву на глубину до 20 см на расстоянии до 10 м. Щупы измерительных электродов заглубляются в землю на линии размещения зондирующих электродов внутри них. Располагаются измерительные электроды симметрично центру между зондирующими электродами на расстоянии друг от друга, равном 1/3 расстояния между зондирующими электродами.

После размещения электродов на почве выполняют измерения. Перед началом измерения необходимо установить параметры зондирующего сигнала. Величина его электрического тока устанавливается переключателем на приборе. Вид напряжения зондирующего сигнала выбирают другим переключателем: «постоянный ток» или «переменный ток». При этом форма переменного тока синусоидальная. Частоты переменного тока и его величину (в зависимости от вида и величин влажности почв) устанавливают дискретно переключателем соответственно 1, 10, 100 кГц и 1, 5, 10 мА.

Формы размещения электродов на поверхности почвы выбирают с учётом равных длин линий прохождения электрического тока. При этом на практике зондирующие и измерительные электроды располагают двумя способами. Первый способ: измерительные электроды – по окружности, в центре – зондирующий электрод (рис. 1). Второй способ – линия размещения зондирующих электродов параллельна линии измерительных электродов (рис. 2).

Существенным отличием предлагаемой методики является то, что измерение электрического сопротивления почвы проводят не в величинах [Ом · м], а в величинах [Ом · м²], т.е. измеряют удельное электрическое сопротивление единицы площади поверхности почвы между группами электродов.

Такое удельное электрическое сопротивление рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{U_3 / I_3}{K_3},$$

где U_3 – напряжение на измерительных электродах, мВ; I_3 – ток зондирования, мА; K_3 – межэлектродная площадь, м².

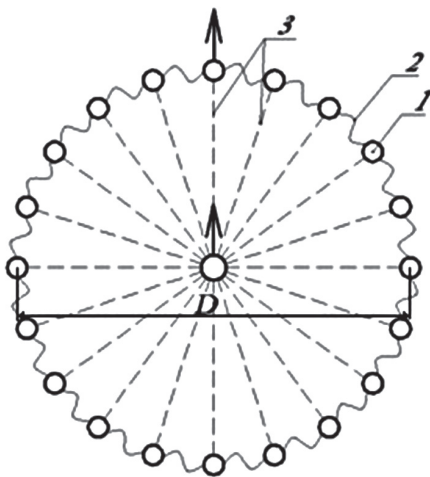


Рис. 1. Круговое расположение электродов:
 1 – электрод;
 2 – соединительный электрический кабель;
 3 – линии прохождения электрического тока;
 $D = 2 \text{ м}$ или $D = 4 \text{ м}$

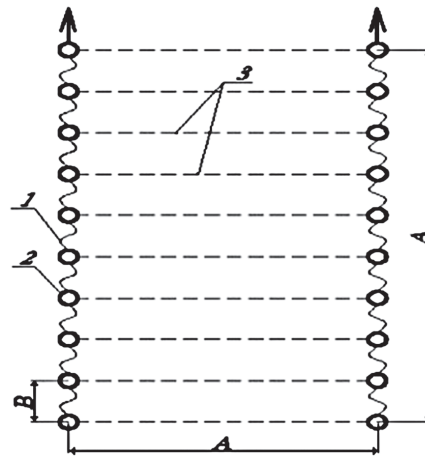


Рис. 2. Параллельное размещение зондирующих и измерительных электродов:
 1 – электрод;
 2 – соединительный электрический кабель;
 3 – линии прохождения электрического тока;
 $A = 10 \text{ м}$, $B = 1 \text{ м}$

Технические характеристики измерительного тракта

Число входных линий	2
Диапазон входных напряжений	$\pm 0,8 \text{ В}$
Разрядность реальная (максимальная)	24 бит
Входное сопротивление	100 МОм
Действующее напряжение шумов на входе, не более	2 мкВ
Подавление синфазной помехи	Не хуже 90 дБ
Нелинейность характеристики преобразования	Менее 1%
Время непрерывной работы	Не менее 10 000 ч
Питание измерительной платы	От компьютера
Питание модуля	От аккумулятора 9 В

Модуль средств сбора, накопления и обработки результатов измерений включает в себя [6]: компьютер, параллельный интерфейс, микроконтроллер управления, гальваническую (оптическую) развязку, измерительный тракт, аналого-цифровой преобразователь с контроллером. Последний преобразует значения электрического сопротивления почвы в количественные значения гумуса почвы.

В модуле средств сбора, накопления и обработки результатов измерений реализованы следующие функции:

- оперативная компьютерная обработка данных (реального времени);
- длительная работа без дополнительных регулировок;

- широкий динамический диапазон входных напряжений;
- высокая степень защиты от различных помех;
- точность измерения не хуже 5%;
- работа в полосе частот от 1...100 кГц.

Измерение удельного электрического сопротивления почвы реализовано на переменном токе в величинах площади $[\text{Ом} \cdot \text{м}^2]$ за счёт измерения группой электродов электрического сопротивления площади поверхности почвы, что в целом позволило существенно снизить погрешность измерений.

В соответствии с приведенной методикой были проведены успешные экспериментальные исследования по определению содержания гумуса в почве, при этом погрешность измерения гумуса почв составила не более 5%.

Выводы

Разработана специальная методика проведения экспресс-контроля и мониторинга содержания гумуса в почве согласно новому способу определения электрических свойств почвы.

Существенным отличием предлагаемой методики является то, что измерение электрического сопротивления почвы проводят в величинах [$\text{Ом} \cdot \text{м}^2$], т.е. измеряют электрическое сопротивление площади поверхности почвы между группами электродов.

Дальнейшие исследования свойств электрической активности гумусового горизонта почвы (согласно приведенной методике) будут способствовать решению задач как общетеоретического, так и прикладного характера. К ним относятся: оценка экологии и качества почв, прогноз урожайности различных культур, выявление благоприятных (для определённых культур) почвенных зон, регионов, создание совершенных технологий обработки почв и повышения эффективности использования различных удобрений и др.

Библиографический список

1. Физико-химические методы исследования почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. С. 155-157.
2. Снакин В.В., Присяжная А.А., Рухович О.В. Состав жидкой фазы почв. М.: Рэфил, 1997. С. 36.
3. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: МГУ, 1986. С. 48-59.
4. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрофизические свойства некоторых почв. Москва – Баку: Изд-во «Адилъоглы», 2004. С. 105.
5. Поздняков А.И., Позднякова Л.А., Поздняков А.Д. Стационарные электрические поля в почвах. М.: КМК, Scientific Press LTD, 1996. С. 71.
6. Судник Ю.А., Андреев С.А. Анализ и синтез автоматических систем мобильных сельскохозяйственных агрегатов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1 (71). С. 51-57.

Статья поступила 13.12.2017

METHODOLOGY OF EXPRESS CONTROLLING AND MONITORING OF HUMUS CONTENT IN SOIL

YEKATERINA A. KUDRYAVTSEVA

E-mail: eafesyun@gmail.com

YURI A. SUDNIK, DSc (Eng), Professor

E-mail: sudnikya@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper reports on a special methodology developed to carry out express control and monitoring of humus content in soil based on the electrical properties of soil. An essential distinctive feature of the proposed methodology is that the electrical resistance of the soil surface area between groups of electrodes is measured. This methodology involves placing probing and measuring electrodes on a large area of soil (up to 10 square meters). The electrode probes are buried in the earth at a depth of up to 20 cm and are located at a distance of up to 10 m. The probes of the measuring electrodes are buried in the earth on the line of location of the probing electrodes inside them. The measuring electrodes are placed symmetrically to the center between the probing electrodes at a distance from each other equaling 1/3 of the distance between the probing electrodes. Probing and measuring electrodes can be located in two ways. The first method implies locating the measuring electrodes along the circumference, while the probing one – in the center. In the second method, the location line of probing electrodes is parallel to the line of measuring electrodes. In accordance with the above-mentioned methodology, successful experimental studies have been carried out to determine the humus content in soil, and the error of measuring has not exceeded 5%. Further studies of the properties of the electrical activity of the humus horizon of soil (according to the above-mentioned procedure) will contribute to the solution of such problems as assessment of the ecological condition and quality of soils; the forecast of productivity of various crops; the identification of favorable (for certain crops) soil zones and regions; the development of perfect technologies for soil treatment and increasing the efficiency of the use of various fertilizers, etc.

Key words: humus, soil, control, monitoring, analog-digital converter, measuring and diagnostic electrodes.

References

1. Fiziko-khimicheskiye metody issledovaniya pochv [Physicochemical methods of soil study]. Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 1980. Pp. 155-157. (In Rus.)

2. Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Rukhovich O.V. Sostav zhidkoy fazy pochv [Composition of the liquid phase of soils]. Moscow, Refil, 1997, P. 36. (In Rus.)

3. Voronin A.D. Osnovy fiziki pochv [Fundamentals of soil physics]. Moscow, MGU, 1986. Pp. 48-59. (In Rus.)

4. Pozdnyakov A.I., Gyulalyev Ch.G. Elektrofizicheskiye svoystva nekotorykh pochv [Electrophysical properties of some soils]. Moskva-Baku, Izd-vo Adil'ogly, 2004. P. 105. (In Rus.)

5. Pozdnyakov A.I., Pozdnyakova L.A., Pozdnyakova A.D. Statsionarnyye elektricheskiye polya v pochvakh [Stationary electric fields in soils]. Moscow, KMK, Scientific Press LTD, 1996. P. 71. (In Rus.)

6. Sudnik Yu.A., Andreyev S.A. Analiz i sintez avtomaticheskikh sistem mobil'nykh sel'skokhozyaystvennykh agregatov [Analysis and synthesis of automatic systems of mobile agricultural units]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2016. No. 1(71). Pp. 51-57 (In Rus.)

The paper was received on December 13, 2017